

**Messungen der aktiven Beweglichkeit menschlicher
Wirbelsäulen unter Berücksichtigung von
Alter, Gewicht und Geschlecht**

André Michael Ribka

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554413_0020

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

Messungen der aktiven Beweglichkeit menschlicher
Wirbelsäulen unter Berücksichtigung von
Alter, Gewicht und Geschlecht

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

André Michael Ribka
aus Wismar / Meckl.

Mainz 1975



Fachbereichsdekan: Prof. Dr. Dr. J. GROTE
Referent: Prof. Dr. E. STOFFT
Korreferent: Prof. Dr. G. MÜLLER

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	3 - 7
1.	Maßstab der Werturteile	3
2.	Maßstab der Werturteile	4
3.	Maßstab der Werturteile	5
4.	Maßstab der Werturteile	6
5.	Maßstab der Werturteile	7
II.	MATERIAL UND METHODE	8 - 12
1.	Vorbereitung	8
2.	Durchführung der Versuche	9
3.	Vorbereitung der Versuche	10
III.	ERGEBNISSE	13 - 24
1.	Ergebnisse der Methodenuntersuchung	13
2.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	14
3.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	15
4.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	16
5.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	17
6.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	18
7.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	19
8.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	20
9.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	21
10.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	22
11.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	23
12.	Ergebnisse der Untersuchung der Methodenuntersuchung	24
IV.	DISKUSION	25 - 34
1.	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen vorliegenden Angaben	25
2.	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen vorliegenden Angaben	26
3.	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen vorliegenden Angaben	27
V.	ZUSAMMENFASSUNG	35
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	36
VII.	ANHANG	37
VIII.	DANKSAGUNG, LEHRELAUF	38 - 39

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	3 - 7
	1. Mechanik der Wirbelsäule	3
	2. Bisherige Untersuchungen der Wirbelsäulenbeweglichkeit	4
	a) Halswirbelsäule	4
	b) Brustwirbelsäule	5
	c) Lendenwirbelsäule	5
	3. Vergleich der Meßverfahren	6
	4. Problemstellung	7
II.	MATERIAL UND METHODE	8 - 12
	1. Versuchsplanung	8
	2. Beschreibung des Meßgerätes	8
	3. Versuchsdurchführung	9
III.	BEFUNDE	13 - 24
	1. Ergebnisse der Methodenüberprüfung	13
	2. Einfache Datenbeschreibung der Meßvariablen	13
	3. Einfache Varianzanalysen	16
	a) Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Altersgruppen	16
	b) Vergleich zwischen den Altersgruppen mit Test von SCHEFFE	16
	4. Einfache lineare Regressionen	19
	a) Unabhängige Variable : Alter	19
	b) Unabhängige Variable : Istgewicht	19
	c) Unabhängige Variable : prozentuale Gewichtsabweichung	24
IV.	DISKUSSION	25 - 34
	1. Vergleich der eigenen Ergebnisse mit bisher vorliegenden Angaben	25
	2. Diskussion der eigenen Methode	28
	3. Diskussion der erhobenen Befunde	
V.	ZUSAMMENFASSUNG	35
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	36
VII.	ANHANG	40
	DANKSAGUNG, LEBENS LAUF	47 - 48

I. EINLEITUNG

1. Mechanik der Wirbelsäule

Die menschliche Wirbelsäule erfüllt in gleicher Weise statische, dynamische wie auch kinematische Aufgaben.

Die Ausprägung der spezifischen Körperhaltung des Menschen, die Unterstützung der Körperteile oberhalb des Beckens und die Anlage eines knöchernen Schutzringes für das Rückenmark sind statische Funktionen.

Die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts wird als dynamische Funktion angesehen, die nur durch ständig koordinierte Aktionen aller an der Wirbelsäule angreifenden Muskeln möglich ist. SOLLMANN (1958) prägte hierfür den Begriff "Innere Dynamik". Auch die Dämpfung von Erschütterungen bei Bewegungen des gesamten Körpers durch die nicht knöchernen Anteile der Wirbelsäule ist eine dynamische Leistung.

Art und Ausmaß der Bewegungen des Achsenorgans in den drei Hauptebenen ordnet man der Kinematik zu.

Die gleichzeitige Bewältigung dieser verschiedenen Anforderungen wird sowohl durch die Ausbildung eines vielgliedrigen Gelenkapparates als auch durch eine morphologische Gliederung in Regionen erreicht.

JUNGHANNS (SCHMORL u. JUNGHANNS, 1957) hat für die kleinste gelenkige Funktionseinheit der Wirbelsäule den Begriff "Bewegungssegment" vorgeschlagen, der morphologisch so unterschiedliche Anteile wie das "Halbgelenk Zwischenwirbelscheibe" (JUNGHANNS), die Längs-, Interarcual- und Interspinalbänder, die dazugehörigen Muskelanteile und die in dem Bewegungsabschnitt liegenden Raumteile des Wirbelkanals funktionell integriert. Neben dieser Einteilung in "Bewegungssegmente" gliedert VELEANU et al. (1972) die Wirbelsäule nach morphologischen Gesichtspunkten in das bewegliche "cervicothoracale Areal", das "eigentliche thoracale Areal" mit vorwiegender Schutzfunktion und nur geringer Beweglichkeit und in das bewegliche "thoracolumbale Areal" mit Übergang zur Lendenwirbelsäule.

Für die gesamte Wirbelsäule kann sowohl auf Grund ihrer knöchernen als auch ihrer motilen Merkmale eine übereinstimmende Festlegung regionale Abschnitte angegeben werden (STOFFT, 1973). Die Gliederung in morphologisch klassifizierbare Regionen - Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule, Lendenwirbelsäule, Kreuzbein und Steißbein - ist sinnvoll, da ein regional spezifischer Aufbau der Wirbelkörper vorhanden ist. Diese prägen durch ihre Anordnung zueinander und durch ihre charakteristische Eigenstruktur die Krümmung der Wirbelsäule in der Sagittalebene.

VIRCHOW (1909) hat gezeigt, daß diese Krümmung auch dem isolierten Knochen-Bänder-Präparat zukommt und den Begriff "Eigenform" der menschlichen Wirbelsäule auguriert.

Die Integration der oben genannten dynamisch-kinematischen Funktionen erfolgt ausschließlich in den aus den 24 prä-sacralen Wirbeln aufgebauten Regionen mit den sie gliedernden "Bewegungssegmenten". Die darunter liegenden Abschnitte, Os sacrum und Os coccygis, erfüllen vorwiegend statische Aufgaben.

2. Bisherige Untersuchungen der Wirbelsäulenbeweglichkeit

Für die funktionelle Erfassung der Wirbelsäule bedarf es nicht unbedingt der regionalen Betrachtungsweise, die sich auf ihre morphologische Gliederung stützt. Um jedoch vergleichbare Werte zu erhalten und regionale Unterschiede zu analysieren, beziehen wir uns auf die klassische Regioneneinteilung des Achsenorgans.

Bei der Bestimmung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit ergeben sich, je nach Art der angewandten Methode, unterschiedliche Meßbereiche. Da die Lage der oberen Halswirbelkörper nicht genau auf die Körperoberfläche projiziert werden kann, wird bei allen direkten, nicht röntgenologischen Verfahren, beim Lebenden der knöcherne Schädel als oberer Endpunkt dieser Region angenommen. Die Untersuchungen am isolierten Wirbelsäulenpräparat und die röntgenologischen Messungen beziehen sich häufig nur auf den Abschnitt C2-C7. Ein Vergleich der Beweglichkeitsgrößen muß daher ebenso das Atlanto-Occipitalgelenk wie auch das Atlanto-Axialgelenk berücksichtigen.

KNESE (1949) gibt bei röntgenologischen Untersuchungen den totalen Bewegungsumfang beider Gelenke in der Sagittalebene mit 30° an. LEWIT u. KRAUSOWA (1963) ermitteln dafür $31,4^\circ$.

In der von mir bearbeiteten Literatur liegen folgende Werte über die Wirbelsäulenbeweglichkeit vor:

a) Halswirbelsäule

aa) direkte Messungen am Lebenden

WEBER	(1827) ¹	Flexion $76,5^\circ$, Extension $76,3^\circ$,
FERLIC	(1962)	Flexion und Extension 127° , Lateralflexion 36° , Rotation 142° ,
STOFFT	(1973)	Flexion 50° , Extension $60^\circ-65^\circ$, Lateralflexion je $40^\circ-50^\circ$ (altersabhängig).

bb) röntgenologische Messungen

BAKKE	(1931)	Flexion $16,3^\circ$, Extension $64,2^\circ$, Lateralflexion je 23° (C2-Th1),
BUETTI-BÄUML	(1954)	Flexion und Extension 95° (C2-C7),
BHALLA et al.	(1969)	Flexion 54° , Extension 28° (C2-C7).

1) zit. nach ELWARD (1939)

- cc) Messungen an isolierten Wirbelsäulenpräparaten
- | | | |
|---------|--------|---|
| FICK | (1911) | Flexion 90° , Extension 90° , |
| VIRCHOW | (1911) | Flexion $55,5^{\circ}$, Extension $62,5^{\circ}$. |

b) Brustwirbelsäule

- aa) direkte Messungen am Lebenden
- | | | |
|------------------------|--------|---|
| MCKENDRIC ¹ | (1916) | Nur minimale Beweglichkeit in Frontal- und Sagittalebene, |
| KELLER | (1924) | Sagittalebeweglichkeit nur im kaudalen Bereich, |
| LOEBL | (1967) | Flexion und Extension 40° - 60° ,
davon 65 % Flexion, |
| STOFFT | (1973) | Flexion 30° - 40° , Extension 15° - 20° . |
- bb) röntgenologische Messungen
- | | | |
|-------|--------|---|
| BAKKE | (1931) | Flexion 46° , Extension 22° ,
Lateralflexion je 30° , |
|-------|--------|---|

- cc) Messungen an isolierten Wirbelsäulenpräparaten
- | | | |
|--------------------|--------|--|
| WEBER ² | (1827) | Flexion nur im kaudalen Bereich |
| VIRCHOW | (1911) | Flexion 55° , Extension 54° , |
| FICK | (1911) | Flexion 90° , Extension 45° ,
Lateralflexion je 100° . |

c) Lendenwirbelsäule

- aa) direkte Messungen am Lebenden
- | | | |
|---------------------------|--------|---|
| MCKENDRIC ¹ u. | (1916) | Flexion im lumbosacralen Abschnitt |
| KELLER | (1924) | größer als im darüberliegenden Bereich, |
| BÖHM | (1959) | Flexion und Extension 60° ,
Lateralflexion je 40° , |
| LINDAHL | (1966) | Flexion und Extension 89° |
| LOEBL | (1967) | Flexion und Extension 40° - 68° , |
| TROUP | (1968) | Flexion und Extension 81° , |
| STOFFT | (1973) | Flexion 20° - 40° , Extension 20° - 30° . |
- bb) röntgenologische Messungen
- | | | |
|----------|--------|---|
| DITTMAR | (1929) | Flexion größer als Extension,
größte Beweglichkeit zwischen L4-S1, |
| BAKKE | (1931) | Flexion $16,4^{\circ}$, Extension $54,2^{\circ}$
Lateralflexion je $24,3^{\circ}$, |
| ELWARD | (1939) | Extension größer als Flexion,
größte Beweglichkeit zwischen L2-L4, |
| ALLBROOK | (1957) | Flexion und Extension 38° - 84°
(altersabhängig) |

1) zit. nach KELLER (1924)
2) zit. nach ELWARD (1939)

- cc) Messungen an isolierten Wirbelsäulenpräparaten
VIRCHOW (1911) Flexion 61°, Extension 46°,
FICK (1911) Flexion 23°, Extension 90°,
dd) Messungen an frischen Leichen
MÜLLER (1932) Lateralflexion je 37°, (Th10-S1).

3. Vergleich der Meßverfahren

Die Bewegungsmessungen an einzelnen Wirbelsegmenten, an isolierten Wirbelsäulenpräparaten und an Leichen ergeben passiv gewonnene Werte. Die dabei vom Untersucher aufgewandte Kraft bewirkt am Objekt eine Auslenkung, die in jedem Bereich von dieser abhängig ist und damit elastische Eigenschaften aufweist. ANDERSON (1940) hat auf diese Abhängigkeit hingewiesen und die Unzulässigkeit der Angabe absoluter Bewegungsgrößen bei Messung der passiven Beweglichkeit aufgezeigt.

Wenn solche Versuchsanordnungen auch die morphologische Einheit des Achsenorgans weitestgehend bewahren, so ist es doch nur beim Lebenden möglich, die funktionelle Einheit "Bewegungssegment" direkt, wenn auch nur summarisch, in ihrem Verhalten zu studieren. Die Präzision passiver Untersuchungen gibt dagegen genau Aufschluß über die Freiheitsgrade der Bewegung einzelner Wirbelkörper zueinander, beschreibt deren Lageveränderung im Raum bei kontrollierten Belastungen und ermöglicht eine Analyse der kinematischen Funktion der Wirbelsäule.

Bei der Bestimmung des maximalen, aktiven Bewegungsausmaßes lebender Individuen wird man hinreichend genaue und regional differenzierte Werte nur bei Anwendung des Röntgenverfahrens gewinnen. Die dabei eintretende Strahlenbelastung sowie hohe Betriebskosten lassen dieses Verfahren aber sowohl für standardisierende statistische Untersuchungen, als auch für die klinisch-praktische Anwendung ungeeignet erscheinen.

Unter Berücksichtigung individueller Schwankungen, wie Kooperationsbereitschaft des Probanden oder seine Toleranz gegenüber den bei maximalen Bewegungen auftretenden Muskelschmerzen, erhält man nur bei Untersuchung größerer Stichproben reproduzierbare Ergebnisse für die aktive Beweglichkeit der Wirbelsäule.

Hierfür können Verfahren zur Anwendung kommen, die entweder durch Distanzänderung, MCKENDRICK¹ (1916); KELLER, (1924); SCHÖBER, (1937); MACRAE et al., (1969); MOLL et al., (1971) oder durch Winkeländerung, WEBER², (1827); LÖHR, (1890); BÖHM, (1959); FERLIC, (1962); LINDAHL, (1966); LOEBL, (1967); TROUP et al. (1968) und STOFFT, (1973) das Bewegungsausmaß anatomisch definierbarer Regionen bestimmen.

1) zit. nach KELLER (1924)

2) zit. nach ELWARD (1939)

Direkt anwendbar und leicht zu handhaben sind Geräte, die die Änderung des Neigungswinkels vorher festgelegter Abschnitte der Wirbelsäule messen. Durch Auftrieb oder Schwerkraft wird hierbei ein frei aufgehängter Zeiger in der Vertikalen stabilisiert, der Drehbewegungen einer, auf der Wirbelsäule an definierten Punkten aufgesetzten, Skala markiert.

Beispiele hierfür sind das "Inclinometer" (LOEBL, 1967), das "Elkameter" (HACKETHAL, 1962) und das von WAGENHÄUSER (1968) beschriebene "Hydrogoniometer".

Ausführliche Gegenüberstellungen dieser Verfahren geben LEKZAS (1970), WAGENHÄUSER (1968), MACRAE et al. (1969), PAPASTAVROU et al. (1971) und MOLL et al. (1971, 1972).

4. Problemstellung

Die unterschiedlichen Angaben über die Beweglichkeit der menschlichen Wirbelsäule waren Ausgangspunkt für unseren Versuch, funktionelle Normwerte dieses vielgliedrigen Gelenkapparates anzugeben. Die Bestimmung kinematischer Größen dieses Systems kann sich nicht, anders als bei den vergleichsweise einfach aufgebauten Gelenke der Extremitäten, auf die isolierte Angabe der Bewegungsausmaße in den vorgegebenen Ebenen beschränken. Für die Gelenke von Arm und Bein wurden in Anlehnung an die "Neutral-Null-Methode" genormte Meßwertebögen (RITTER, 1973) aufgestellt.

Um einen möglichst objektivierbaren und reproduzierbaren Beitrag zur Morphometrie der Wirbelsäule leisten zu können, wurden bei der Bestimmung des maximalen aktiven Bewegungsausmaßes folgende Parameter berücksichtigt:

Alter, Gewicht und Geschlecht.

Die funktionelle Beeinflussung der Meßwerte durch diese Parameter kann nur bei Untersuchung ausreichend großer Stichproben erfasst werden.

Folgende Forderungen stellen sich daher an das anzuwendende Meßverfahren:

1. Geringe zeitliche und körperliche Beanspruchung des Probanden,
2. Minimaler materieller und versuchstechnischer Aufwand,
3. Möglichkeit der Normierbarkeit des Meßvorgangs und
4. Verwendbarkeit im klinischen Bereich.

II. MATERIAL UND METHODE

1. Versuchsplanung

Die statistische Analyse einer angenommenen funktionellen Beziehung zwischen der Wirbelsäulenbeweglichkeit und den Parametern Alter, Gewicht und Geschlecht erfordert Gruppierung und Selektion des Untersuchungsgutes. Die Versuchsplanung ließ eine Alterseinteilung in Dekaden jeweils für männliche und weibliche Probanden sinnvoll erscheinen. Unter der Voraussetzung, jede Gruppe mit mindestens zwanzig Personen zu besetzen ergaben sich folgende Stichprobenumfänge:

Tab. 1: Stichprobenumfänge der gemessenen Altersgruppen

ALTER (J)	MÄNNER	FRAUEN
18 - 27	47	56
28 - 37	31	29
38 - 47	23	26
48 - 57	21	27

Das Untersuchungsgut setzte sich im wesentlichen zusammen aus den Teilnehmern des Präparierkurses im Wintersemester 1973/74, aus Mitarbeitern des Anatomischen Institutes der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und aus Werkträgern verschiedener Berufsgruppen eines chemischen Unternehmens¹⁾.

Eine Selektion wurde vorgenommen durch Ausschluß aller Personen, die eine akute oder chronische Affektion der Wirbelsäule auf Befragung hin angaben.

2. Beschreibung des Meßgerätes

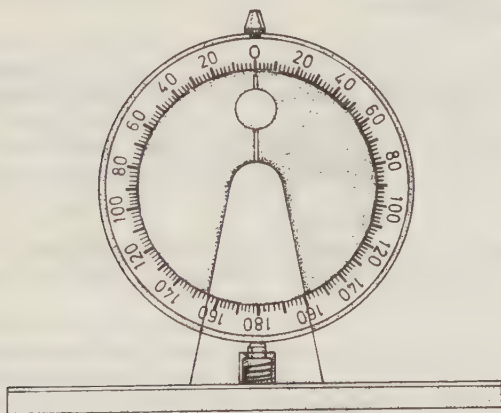
Die Forderungen an ein geeignetes Meßgerät wurden für unsere Fragestellung am ehesten durch das von RIPPSTEIN²⁾entwickelte Hydrogoniometer erfüllt.

In einem zylindrischen, mit Flüssigkeit gefüllten Plexiglasgehäuse ist um eine zentrale Achse ein Zeiger frei drehbar aufgehängt. Durch Einfügung einer Kunststoffkugel an seinem freien Ende steht dieser unter Auftrieb. Zwei in der Zeigerachse liegende Zapfen an der Außenseite des Gehäuses verbinden dieses über zwei Stützbacken drehbar mit der starren Aufsatzplatte. Dadurch wird eine Nullstellung des in der Verti-

- 1) Der kaufmännische Werksleiter der Fa. ENKA-GLANZSTOFF AG, Obernburg ermöglichte die Untersuchung zahlreicher Werksangehöriger und die Benutzung betriebsärztlicher Einrichtungen.
- 2) Fa. CIBA-GEIGY AG, Basel stellte bereitwillig mehrere Meßgeräte zur Verfügung.

kalen stabilisierten Zeigers auf der in der Kapsel fest eingebauten Winkelskala bei beliebiger Neigung der Aufsatzplatte ermöglicht. Die Gradeinteilung der Skala beträgt zwei mal 180° bei einer möglichen Ablesegenauigkeit von 2° . Auf dieser Skala wird die Winkeländerung zur vertikalen Bezugsachse des Zeigers bei Drehung des Geräts um eine horizontale Achse gemessen. Drehbewegungen um eine vertikale Achse, zum Beispiel Rotationsbewegungen der Wirbelsäule, sind nicht meßbar.

Vor der Messung der Wirbelsäulenbewegungen wurden die Körpergröße und das Körpergewicht (in Hauskleidung) jeder Person bestimmt. Die Anwendung des Hydrogoniometers wurde in Anlehnung an das bei WAGENHÄUSER (1968) und STOFFT (1973) beschriebene Verfahren vollzogen.



Hydrogoniometer

Abb. 1 Hydrogoniometer nach RIPPSTEIN

3. Versuchsdurchführung

Die Bewegung der Halswirbelsäule wird getrennt von den Bewegungen der übrigen motilen Wirbelsäulenabschnitte betrachtet. Unter der Annahme, daß isolierte Bewegungen der Halswirbelsäule und der oberen Kopfgelenke auf einer feststehenden Basis des Rumpfskeletts ausgeführt werden können, setzten wir das aktive maximale Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule gleich mit der Auslenkung des knöchernen Schädels bei fixiertem Rumpfskelett.

Bei der Bestimmung der Beweglichkeit dieses Abschnitts in der Sagittalebene wird die Aufsatzplatte des Hydrogoniometers vor dem Ohr auf einer Vertikalen zwischen Angulus mandibulae und Processus zygomaticus des Schläfenbeins fest aufgesetzt; die Winkelskala steht dabei in der Bewegungsebene (Pl in Abb. 2). Danach wird die Ohr-Augenlinie (vom Unterrand der Orbita zum oberen Rand des äußeren Gehörgangs) des Probanden durch den Untersucher in die Horizontale gebracht; in dieser Stellung wird die Winkelskala auf Null Grad justiert. Die Versuchsperson wird zunächst aufgefordert, den Kopf so weit wie aktiv möglich nach vorn zu beugen und dabei das Kinn möglichst nahe an die Brust zu bringen; der nun auf der Winkelskala abgelesene Wert entspricht der Flexion. Danach soll der Kopf maximal nach hinten gebeugt werden, wobei bloße Nickbewegungen zu vermeiden sind. Der so angezeigte Wert entspricht der Extension. Während eine Hand des Untersuchers das Meßgerät bei der Bewegung des Kopfes am Aufsatzpunkt fixiert, kontrolliert die andere durch Palpation des ersten Brustwirbeldorns unerwünschte Mitbewegungen der kaudalen Wirbelsäulenabschnitte.

Zur Bestimmung der Lateralbeweglichkeit der Halswirbelsäule wird das Meßgerät bei gleichbleibendem Aufsatzpunkt in die Frontalebene gedreht. Die Nullstellung erfolgt bei Horizontallage der Verbindungslinie beider Pupillen. Die Versuchsperson soll nun das Ohr soweit wie möglich der gleichseitigen Schulter nähern, ohne diese jedoch anzuheben. Dabei ist auf Vermeidung von Torsions- oder Sagittalbewegungen zu achten.

In der Brust- und Lendenwirbelsäule bewegen sich jeweils ganze Wirbelsäulenabschnitte aufeinander; es kann daher keine statische Basis innerhalb dieser Abschnitte angegeben werden.

Eine willkürliche Fixierung des Beckens bei freistehend ausgeführten Bewegungen der Rumpfwirbelsäule in Frontal- und Sagittalebene kann von der Versuchsperson nur sehr schwer selbst kontrolliert werden. Auf eine passive Feststellung des Beckens wurde jedoch verzichtet, um das Zusammenspiel der Dynamik von Wirbelsäule, Ileo-Sacralgelenk und Hüftgelenk nicht zu hemmen. Wir gingen davon aus, die Bewegungen einzelner Regionen bei Gesamtbewegung der Wirbelsäule durch die Differenz der maximalen Auslenkungen an ihrem oberen und unteren Pol zu ermitteln (Abb. 3).

Die Bestimmung der Brust- und Lendenwirbelsäulenbeweglichkeit beginnt über Punkt 2. Dort wird das Meßinstrument zuerst in der Sagittalebene mit dem Zentrum der Fußplatte aufgesetzt und bei "Bequemer Haltung" auf Null justiert. Anschließend wird der Proband aufgefordert, sich mit herabhängenden Armen maximal nach vorn zu beugen, wobei der Kopf den durchgestreckten Knien möglichst nahe gebracht werden soll. Auch bei der anschließenden Dorsalflexion muß unbedingt auf die Streckung im Kniegelenk geachtet werden, was am günstigsten durch gleichzeitige Kontrolle durch den Untersucher geschieht. Die Lateralbeweglichkeit wird bestimmt, indem das Gerät bei gleichbleibendem Aufsatzpunkt in die Frontalebene gedreht wird. Der Pro-



Abb. 2: Meßpunkte für die Wirbelsäulenbewegung

- P1 = Punkt 1: Zentrum der Verbindungslinie zwischen Angulus mandibulae u. Proc. zygomaticus
P2 = Punkt 2: Dornfortsatz des 1. Brustwirbelkörpers
P3 = Punkt 3: Dornfortsatz des 1. Lendenwirbelkörpers
P4 = Punkt 4: Os sacrum, zwischen Spinae iliacae posteriores inferiores.

band wird dabei angewiesen, den Unterarm der sich beugenden Seite parallel auf dem gleichseitigen Oberschenkel nach unten gleiten zu lassen, um Torsionsbewegungen und Beugungen in anderen Ebenen auszuschalten. Das Bestreben, dabei ein Knie zu beugen oder die kontralaterale Ferse anzuheben, muß durch entsprechende Unterweisungen und dauernde Kontrolle während der Messung vermieden werden.

Die Auslenkung der Punkte P3 und P4 wird in gleicher Weise bestimmt.

Wir erhalten damit für jeden der vier Meßpunkte vier Winkel (α_1 in Abb. 3), die die Drehung der kranialen Anteile von Hals-, Brust-, Lendenwirbelsäule und Os sacrum bei aktiver Bewegung in Sagittal- und Frontalebene charakterisieren.

Diese 16 "Rohwerte" geben jedoch nur für die Halswirbelsäule (P1) gleichzeitig ein direktes Maß der Beweglichkeit. Kaudal davon wird die Beweglichkeit durch "transformierte Werte" (β in Abb. 3) repräsentiert.

Die Messungen wurden in konstantem zeitlichen Abstand von 5 Minuten wiederholt, um den möglichen Einfluß von Ermüdung, zu- oder abnehmender Kooperationsbereitschaft und Einübung des Bewegungsablaufs zu kontrollieren.

Die Rohwerte der insgesamt 32 Bewegungsvariablen wurden, neben den Daten für Alter, Größe, Istgewicht, prozentuale Gewichtsabweichung vom Sollgewicht und Geschlecht in genormte FORTRAN-Programmschemata übertragen. Bei der Berechnung der Abweichung vom Sollgewicht wurden die "Durchschnittsgewichte" aus DOCUMENTA GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen (1960) zugrunde gelegt.

Die Messung der Beweglichkeit einer Versuchsperson an zehn aufeinanderfolgenden Tagen ergab eine Schätzung der Fehlerbreite des angewandten Meßverfahrens.

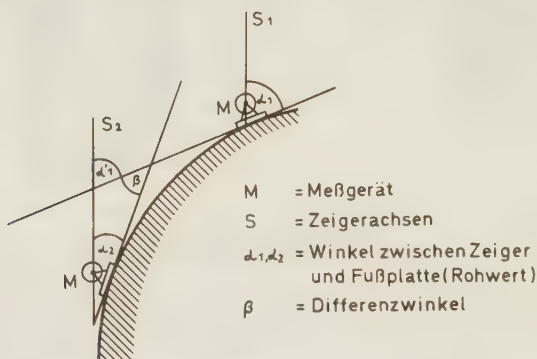


Abb. 3: Schema zur Berechnung transformierter Werte

$$\beta = d_1 - d_2 \quad (\text{Erläuterung siehe Text})$$

III. BEFUNDE

1. Ergebnisse der Methodentüberprüfung

Die Überprüfung der Meßgenauigkeit der angewandten Methode durch 20 Einzelmessungen (2 Messungen pro Tag an 10 aufeinanderfolgenden Tagen) an einer Versuchsperson bei gleichbleibendem Untersucher ergab folgende Mittelwerte ($\bar{x}$), mittlere Fehler (s) und Stichprobenfehler des Mittelwerts ($s_{\bar{x}}$) :

	KOPF			BWK 1		
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
Flexion	53.6	2.80	0.63	138.8	5.52	1.23
Extension	58.9	4.47	1.00	55.4	5.39	1.21
lat. -rechts	40.1	3.21	0.72	48.2	3.11	0.69
lat. -links	40.4	1.54	0.34	53.6	3.02	0.67

	LWK 1			S 1		
	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$
Flexion	116.9	3.52	0.79	75.4	5.07	1.13
Extension	25.2	2.71	0.61	11.4	1.60	0.36
lat. -rechts	25.2	2.20	0.49	8.7	1.17	0.26
lat. -links	26.4	3.15	0.70	9.2	1.20	0.27

Tab. 2 Fehlerbreite der Meßmethode (N=20)
 Alle Angaben in Winkelgraden; Erläuterungen siehe Text.
 Versuchsperson; weiblich, 48 Jahre, 63 kg, 164 cm.

2. Einfache Datenbeschreibung der Meßvariablen

(Tabellen 7 u. 8 im Anhang)

Die Ergebnisse der einfachen Datenbeschreibung sind, getrennt nach Altersgruppen und Geschlecht, in Tab. 7 aufgeführt. Die Werte für erste und zweite Messung bleiben getrennt, und werden nicht in einen gemeinsamen Mittelwert überführt, um die Abweichungen zwischen ihnen nicht aufzuheben. Daher wurden alle folgenden Berechnungen für beide Werte einzeln durchgeführt.

Das regionale Bewegungsausmaß des lumbalen und thoracalen Abschnitts läßt sich aus der Differenz korrespondierender Bewegungsgrößen für die Brustwirbelsäule an Punkt 2 u. 3 und für die Lendenwirbelsäule an Punkt 3 u. 4 bestimmen (Abb. 3).

Diese Differenzen wurden maschinell berechnet. Die am Punkt 4 (Os sacrum) gemessenen Werte werden nur zur Subtraktion bei Berechnung der transformierten Werte für die Lenden- und Brustwirbelsäule (Tab. 8) berücksichtigt.

Die Beweglichkeit der Halswirbelsäule wird durch vier Rohwerte, die der Brust- und Lendenwirbelsäule durch insgesamt acht transformierte Werte erfasst. Die Gesamtbeweglichkeit der Wirbelsäule wird also bei doppelter Messung durch 2x12 Variable charakterisiert. Die arithmetischen Mittel dieser Variablen werden, nach Altersgruppen und Geschlecht geordnet, durch Histogramme (Abb. 4) graphisch veranschaulicht. Dabei sind erste und zweite Messung in einem Koordinatensystem synoptisch dargestellt.

Abb. 4 Histogramme der arithmetischen Mittel aller Bewegungsvariablen.

Die Ergebnisse der ersten Messung sind gestrichelt, die der zweiten Messung durchgezogen dargestellt.

AG = Altersgruppe (s. Tab. 1)

Fallzahlen:	AG1	AG2	AG3	AG4
Männer	47	31	23	21
Frauen	56	29	26	27

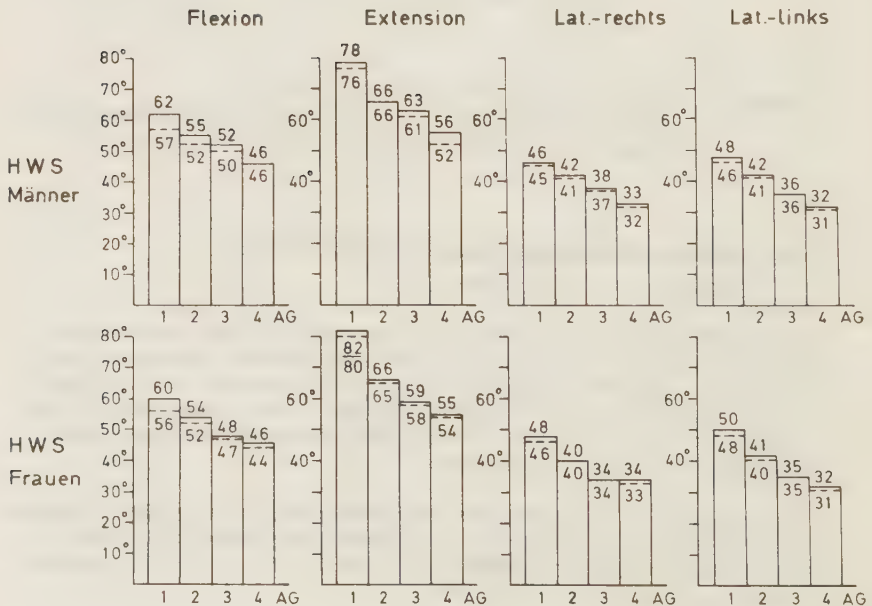
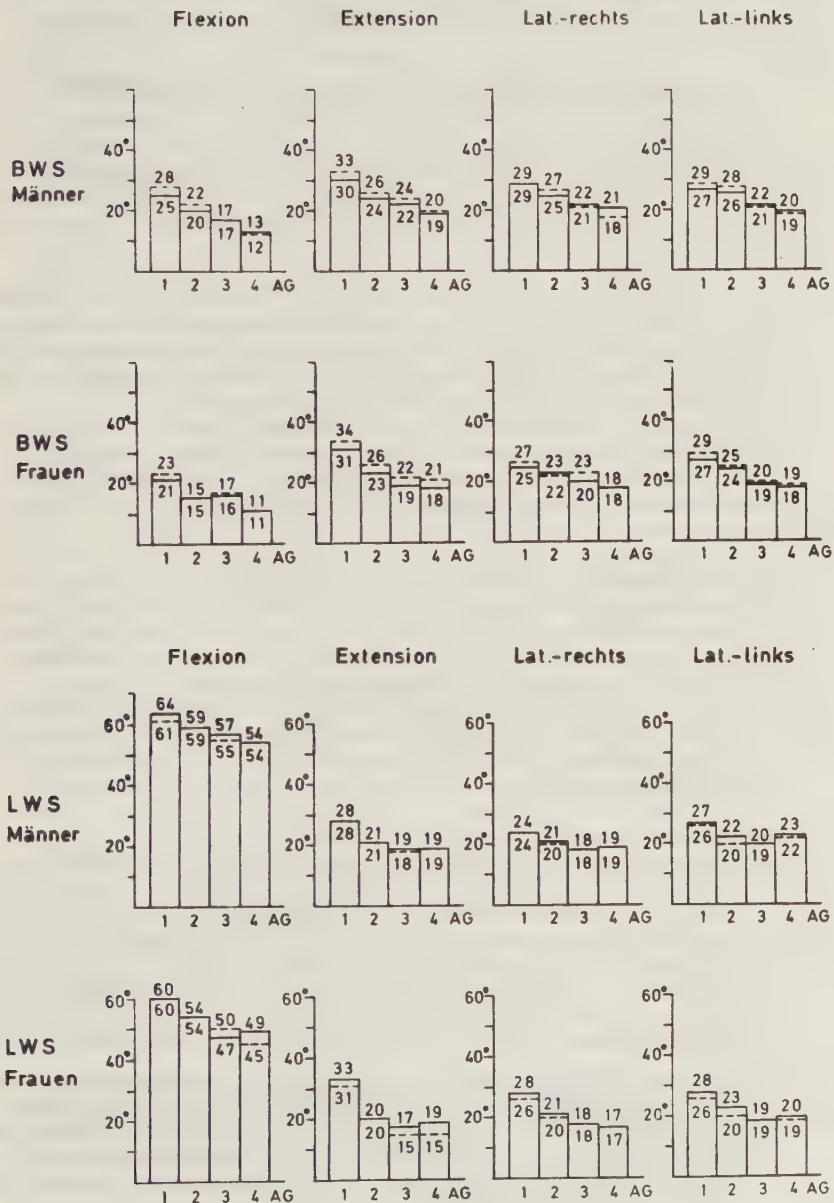


Abb. 4 Forts. (Brust- und Lendenwirbelsäule)



3. Einfache Varianzanalysen

Mit Hilfe der Varianzanalyse prüften wir regionale Beweglichkeitsunterschiede sowohl zwischen korrespondierenden männlichen und weiblichen Gruppen als auch zwischen den je vier, nach Geschlecht getrennten, Altersgruppen auf Allgemeingültigkeit.

a) Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Altersgruppen

Die Ergebnisse dieser Varianzanalyse sind in Tab. 3 dargestellt. Aufgeführt sind nur die Tafeln für diejenigen Variablen, deren Irrtumswahrscheinlichkeit für den Quotienten aus MAQ (Mittleres Abweichungsquadrat) zwischen den Gruppen und dem MAQ innerhalb der Gruppen bei den jeweiligen Freiheitsgraden unter 5% bzw. unter 1% liegt.

Die Altersgruppe 1 weist mit fünf statistisch auffälligen Unterschieden der Meßvariablen die deutlichste Geschlechtsabhängigkeit der Beweglichkeit auf. Vier davon sind durch die bessere Beweglichkeit der Frauen (HWS-Extension, LWS-Extension und LWS-Flexion rechts), nur eine durch die der Männer (BWS-Flexion rechts) bedingt.

Ein umgekehrtes Verhalten zeigen die Altersgruppen 2, 3 und 4, in denen die aufgeführten Unterschiede ausschließlich durch die größere Beweglichkeit der Männer hervorgerufen wird. Für die LWS-Flexion trifft dies bei allen drei Gruppen, für die BWS-Flexion nur in Altersgruppe 2 zu.

Aufschlußreich ist an dieser Stelle ein Vergleich mit den entsprechenden Rohwerten (BWK 1, LWK 1), die vorwiegend für die weiblichen Altersgruppen höher liegen. Diese Diskrepanz wird durch die bei der Flexion um durchschnittlich 7° - 10° größere Mitbewegung im Hüftgelenk bei Frauen (gemessen über P 4) hervorgerufen.

Daraus wird deutlich, daß die gemessenen Rohwerte keine Aussagen über eine regionale Beweglichkeit der Wirbelsäule machen können, da sie die Auslenkung aller beweglichen, kaudal davon liegenden, Abschnitte summieren.

b) Vergleich zwischen den Altersgruppen mit Test von SCHEFFE.

Die einfache Varianzanalyse der Beweglichkeitsunterschiede zwischen den je vier Altersgruppen ergibt für die weiblichen Gruppen bei allen 24 möglichen Variablen, für die männlichen Gruppen bei 23 Variablen Unterschiede, die auf dem 1%-Niveau signifikant sind. Lediglich für den Unterschied der LWS-Flexion (1. Messung) besteht zwischen den vier männlichen Altersgruppen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

Beim Test von SCHEFFE (Tab. 4) der die analogen Variablen der vier Altersgruppen innerhalb des Geschlechts paarweise miteinander vergleicht, wird der Quotient aus dem linearen Kontrast (hier: Betrag der Mittelwertdifferenzen analoger Variabler der zwei zu vergleichenden Gruppen) und dem Standardfehler des linearen Kontrastes auf seine Signifikanz geprüft (SACHS, 1971).

Tab. 3 Einfache Varianzanalysen

Zwischen den Geschlechtern, innerhalb der Altersgruppen.
(Nur Unterschiede mit Testergebnis $p \leq 5\%$ aufgeführt.)

Bewegungs- variable	Nr.	AG	Streuungs- ursache	SAQ	FG	MAQ	F	T
H W S Extension	1	1	zwischen ¹⁾ innerhalb total	493.1 9291.4 9784.5	1 101 102	493.1 92.0	5.4	I
H W S Extension	2	1	zwischen innerhalb total	543.6 10045.8 10589.4	1 101 102	543.6 99.5	5.5	I
B W S lat.-rechts	2	1	zwischen innerhalb total	452.5 6654.8 7107.3	1 101 102	452.5 65.9	6.9	I
L W S Extension	2	1	zwischen innerhalb total	556.4 11935.8 12492.2	1 101 102	556.4 118.2	4.7	I
L W S lat.-rechts	2	1	zwischen innerhalb total	319.7 4786.4 5106.1	1 101 102	319.7 47.4	6.7	I
B W S Flexion	1	2	zwischen innerhalb total	618.9 5051.7 5670.1	1 58 59	618.9 87.1	7.1	II
B W S Flexion	2	2	zwischen innerhalb total	406.7 4241.0 4647.7	1 58 59	406.7 73.1	5.6	I
L W S Flexion	1	2	zwischen innerhalb total	422.9 5463.5 5886.4	1 58 59	422.9 94.2	4.5	I
L W S Flexion	2	3	zwischen innerhalb total	1075.6 5068.4 6144.0	1 47 48	1075.6 107.8	10.0	II
L W S Flexion	1	4	zwischen innerhalb total	848.7 7879.2 8727.9	1 46 47	848.7 171.3	5.0	I

AG=Altersgruppe, Nr.=Versuchsnummer (1=1. Messung, 2=2. Messung)
SAQ=Summe der Abweichungsquadrate, MAQ=Mittel der Abweichungs-
quadrate, FG=Anzahl der Freiheitsgrade, T=Testergebnis ($I=p \leq 5\%$ $II=p \leq 1\%$)
F= Quotient aus MAQ_{zwischen} und MAQ_{innerhalb}.

- 1) "zwischen" = Varianz zwischen den Geschlechtern
"innerhalb" = Varianz innerhalb der Geschlechter

Tab. 4 SCHEFFE - Test
Zwischen Altersgruppen, innerhalb Geschlecht

MÄNNER N = 122			Flexion	Extension	lateral- rechts	lateral- links
Region	Nr.	AG	2 3 4	2 3 4	2 3 4	2 3 4
H W S	1	1		II	II II	II II
	2		I II II	II II II	II II	I II II
	1	2			II	II
	2		I	II	II	II
B W S	1	1		II II	I II	I II
	2		I II	I	I I	II
	1	2		II	II	II
	2		I			I
L W S	1	1		I II II	I II I	II II
	2		II	II II II	II I	II II I
	1	2				
	2					

FRAUEN N = 138			Flexion	Extension	lateral- rechts	lateral- links
Region	Nr.	AG	2 3 4	2 3 4	2 3 4	2 3 4
H W S	1	1		II II II	II II II	II II II
	2		II II II	II II II	II II II	II II II
	1	2		I II	I II	II
	2		II	II	I I	II
B W S	1	1	I II	II II	II	II II
	2		I II	I II II	II	II II
	1	2				I
	2					I
L W S	1	1		II II II	II II II	II II II
	2		II II	II II II	II II II	II II II
	1	2				
	2					

AG = Altersgruppe, Nr. = Versuchsnummer (1=1. Messung,
2=2. Messung)

Signifikanzniveau für die paarweisen Unterschiede im

SCHEFFE-Test: I $\leq$ 5%, II $\leq$ 1%

Fallzahlen: AG 1 AG 2 AG 3 AG 4
Männer 47 31 23 21
Frauen 56 29 26 27

Für den Vergleich von Altersgruppe 3 mit Altersgruppe 4 ergeben sich bei keiner Variablen statistisch signifikante oder auffällige Unterschiede. Von den sechs möglichen Paarungen der Altersgruppen sind daher nur fünf aufgeführt (1 mit 2, 1 mit 3, 1 mit 4, 2 mit 3 und 2 mit 4). (Tab. 4)

Die Halswirbelsäule weist bei beiden Geschlechtern die meisten signifikanten Unterschiede in der Beweglichkeit auf. Für die Brustwirbelsäule besteht beim paarweisen Vergleich der Beweglichkeit zwischen den männlichen Altersgruppen 2 und 3 ebenso wenig ein gesicherter Unterschied wie beim Vergleich zwischen den entsprechenden weiblichen Altersgruppen. Die Lendenwirbelsäulenbeweglichkeit ist nur noch zwischen den Gruppen 1 und 2, 1 und 3, 1 und 4 auffällig oder signifikant unterschiedlich.

4. Einfache lineare Regressionen

Grad und Tendenz der schon im SCHEFFE-Test aufgezeigten Beziehung zwischen Beweglichkeit und Alter wurde mit Hilfe der einfachen linearen Regression analysiert. Die mathematische Erfassung der Abhängigkeit der Bewegungsvariablen vom Körpergewicht war Gegenstand des gleichen statistischen Verfahrens.

a) Unabhängige Variable : Alter

Tab. 5 gibt die Regressionskoeffizienten (a, b) und den Korrelationskoeffizienten (r) der Regression "Bewegungsvariable auf Alter" für Männer und Frauen wieder. Für 46 von 48 möglichen Regressionen ist der Korrelationskoeffizient signifikant auf dem 0,1% Niveau (zweiseitige Irrtumswahrscheinlichkeit).

Abb. 5 enthält die graphische Darstellung der durch die Regressionskoeffizienten a und b bestimmten Graden. Zugrunde gelegt wurden jeweils die Koeffizienten aus der 2. Messung.

Die Graden geben die wahrscheinlichste Schätzung der Bewegungsvariablen im Bereich der Variationsbreite des Alters der untersuchten Personen wieder. Hierbei fällt auf, daß unabhängig vom Geschlecht in allen Wirbelsäulenregionen eine hoch signifikante negative Proportionalität zwischen Alter und Wirbelsäulenbeweglichkeit besteht. Die markanteste Abhängigkeit ist für beide Geschlechter in der Halswirbelsäule gegeben. Bei den Männern ist die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule, bei den Frauen die der Brustwirbelsäule am geringsten durch das Alter beeinflusst.

b) Unabhängige Variable : Istgewicht

Die Ergebnisse der einfachen linearen Regression "Bewegungsvariable auf Istgewicht" sind, getrennt nach Region, Bewegungsebene, Altersgruppe und Geschlecht, für alle Korrelationskoeffizienten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5% in Tab. 6 aufgeführt. Abb. 6 stellt die, durch die Regressionkoeffizienten a und b aus Tab. 6 determinierten Graden dar. Dadurch wird eine synoptische Darstellung der

Tab. 5 Einfache lineare Regression
Unabhängige Variable : Alter

<u>MÄNNER N=122</u>	1. Messung			2. Messung		
Meßvariable	a	b	r	a	b	r
H W S						
Flexion	64.2	-0.35	-0.38	72.5	-0.50	-0.52
Extension	39.3	-0.68	-0.61	90.0	-0.64	-0.62
lat. -rechts	53.9	-0.41	-0.53	55.4	-0.42	-0.53
lat. -links	56.4	-0.43	-0.61	58.3	-0.50	-0.62
B W S						
Flexion	39.8	-0.55	-0.54	33.5	-0.40	-0.44
Extension	41.9	-0.44	-0.38	37.2	-0.36	-0.32
lat. -rechts	36.6	-0.34	-0.42	34.3	-0.27	-0.34
lat. -links	39.1	-0.42	-0.46	34.9	-0.31	-0.36
L W S						
Flexion	66.7	-0.26	-0.28 ¹	70.2	-0.32	-0.33
Extension	32.5	-0.29	-0.36	33.9	-0.32	-0.39
lat. -rechts	23.0	-0.21	-0.36	28.1	-0.20	-0.38
lat. -links	28.1	-0.16	-0.26 ¹	30.5	-0.20	-0.34

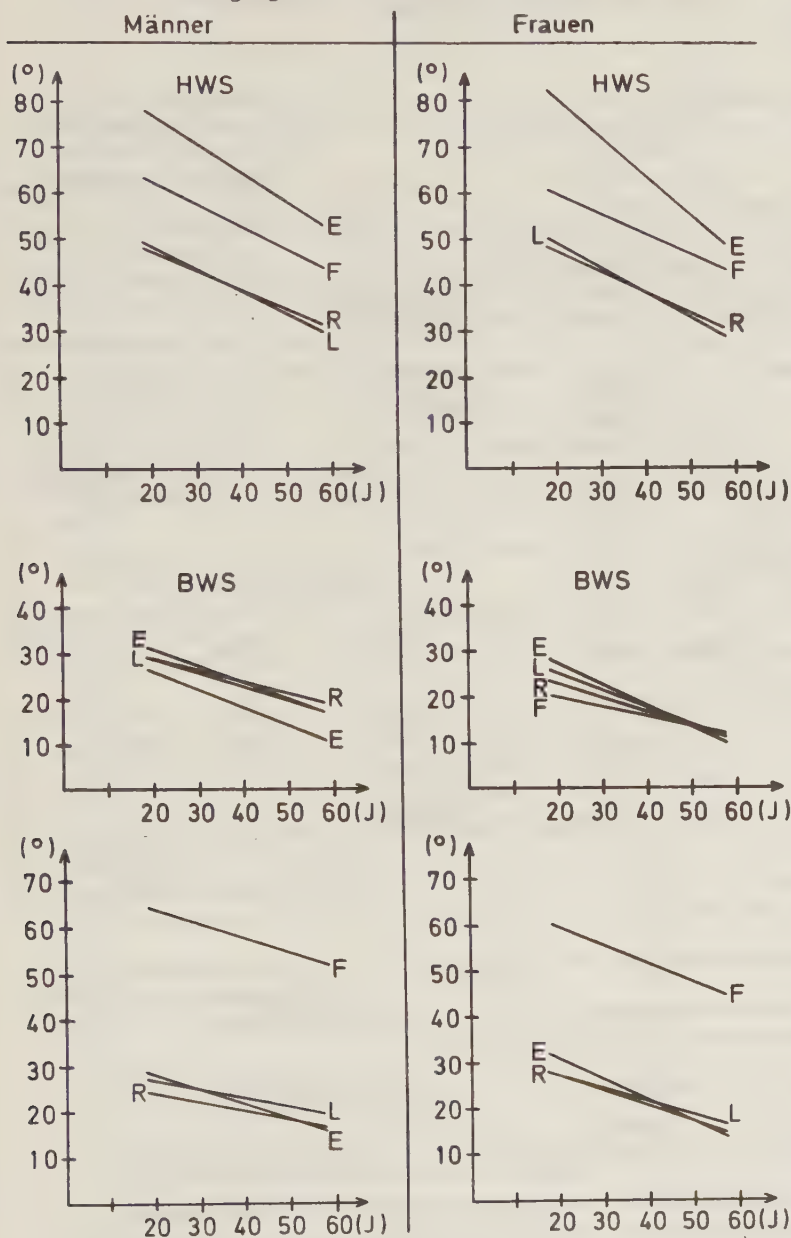
<u>FRAUEN N=138</u>	1. Messung			2. Messung		
Meßvariable	a	b	r	a	b	r
H W S						
Flexion	63.3	-0.35	-0.51	68.8	-0.44	-0.59
Extension	94.3	-0.78	-0.74	97.8	-0.85	-0.77
lat. -rechts	54.6	-0.44	-0.67	56.3	-0.45	-0.68
lat. -links	58.0	-0.51	-0.74	60.0	-0.54	-0.69
B W S						
Flexion	26.7	-0.25	-0.29	24.2	-0.21	-0.29
Extension	40.7	-0.39	-0.34	37.0	-0.37	-0.38
lat. -rechts	31.3	-0.23	-0.37	29.3	-0.21	-0.37
lat. -links	35.9	-0.34	-0.48	32.2	-0.27	-0.42
L W S						
Flexion	70.2	-0.48	-0.48	67.5	-0.40	-0.41
Extension	38.1	-0.46	-0.56	39.6	-0.45	-0.55
lat. -rechts	31.1	-0.29	-0.56	33.4	-0.33	-0.58
lat. -links	30.9	-0.26	-0.46	33.0	-0.29	-0.54

1) $p \leq 1\%$, für alle übrigen r: $p \leq 0.1\%$

a, b = Regressionskoeffizienten, r = Korrelationskoeffizient

Die Regressionen der 2. Messung sind in Abb. 5 graphisch dargestellt.

Abb. 5 Regressionsgeraden der einfachen linearen Regression
" Bewegungsvariable auf Alter ".



Zugehörige Regressionskoeffizienten in Tab. 5 (2. Messung)

E = Extension, F = Flexion, R = Lateralflexion rechts

L = Lateralflexion links

Tab. 6 Einfache lineare Regression

Meßvariable	Unabhängige Variable Istgewicht				Unabhängige Variable %-Gewichtsabweichung			
	AG G Nr.	a	b	r t	AG G Nr.	a	b	r t
H W S Flexion	3 W 1	69.7	-0.32	-0.49 I	3 W 1	49.4	-0.20	-0.46 I
	3 W 2	76.5	-0.41	<u>-0.66</u> II	3 W 2	50.6	-0.26	<u>-0.65</u> II
	3 M 2	80.3	-0.38	<u>-0.45</u> I				
Extension	1 W 1	105.1	-0.44	-0.27 I	2 W 2	68.3	-0.20	-0.51 II
	2 W 2	88.2	-0.34	<u>-0.50</u> II	2 M 2	66.8	-0.36	<u>-0.41</u> I
	2 M 1	104.3	-0.50	-0.42 I	3 W 1	59.9	-0.22	-0.43 I
	2 M 2	100.9	-0.45	<u>-0.46</u> II	3 W 2	61.3	-0.21	-0.43 I
					4 W 2	57.4	-0.20	<u>-0.48</u> I
B W S lat. -rechts	3 W 2	37.4	-0.24	-0.44 I	1 M 1	29.6	0.29	0.35 I
					4 W 2	20.2	-0.13	-0.45 I
lat. -links	3 W 2	38.6	-0.27	-0.40 I	M 1	29.9	0.31	0.33 I
					4 W 2	19.5	-0.12	-0.42 I
L W S Flexion	1 W 1	7.9	0.93	0.38 II	1 W 1	63.6	0.75	0.40 II
	1 W 2	15.5	0.75	<u>0.30</u> I	1 W 2	62.3	0.56	<u>0.31</u> I
	1 M 2	29.6	0.47	<u>0.34</u> I				
	3 M 1	20.6	0.45	0.41 I				
	3 M 2	7.1	0.66	<u>0.55</u> II				
lat. -rechts					1 M 1	23.7	-0.26	-0.38 I
lat. -links					1 M 1	24.9	-0.24	-0.34 I

AG = Altersgruppe (1-4), G = Geschlecht, Nr. = Versuchsnummer
(1 = 1. Messung, 2 = 2. Messung)

a, b = Regressionskoeffizienten, r = Korrelationskoeffizient

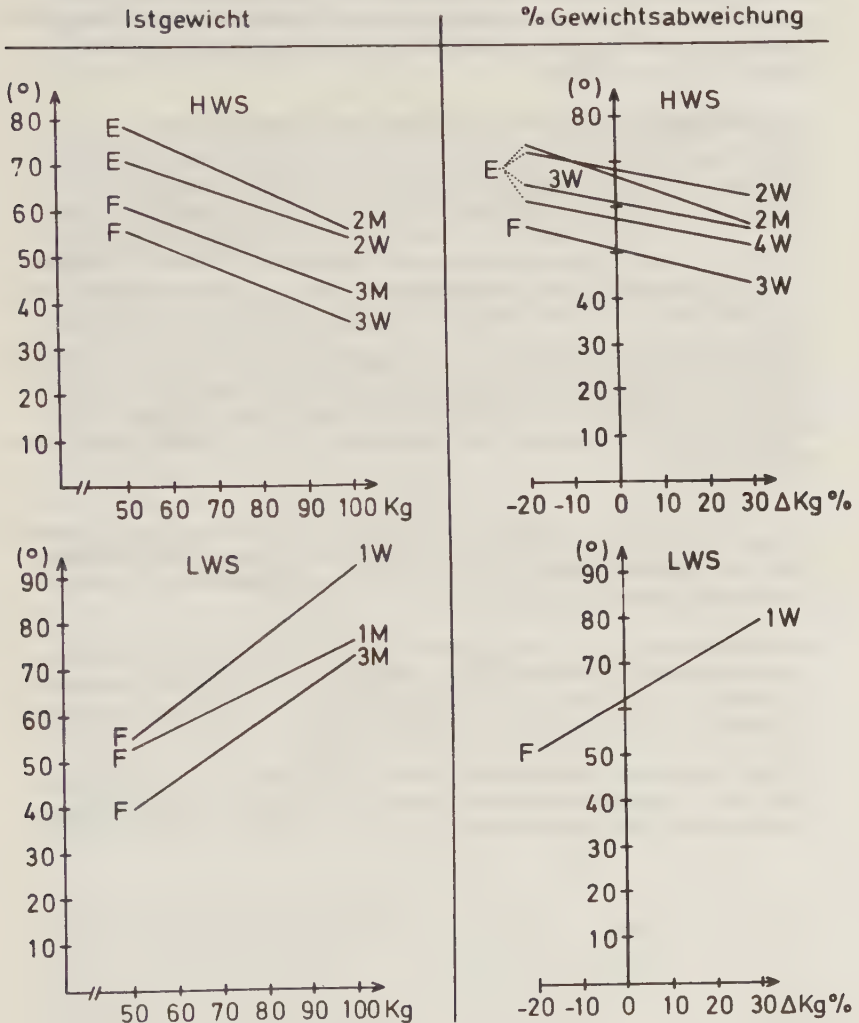
t = Testergebnis (I $\leq$ p 5%, II $\leq$ p 1%)

Fallzahlen :

	AG 1	AG 2	AG 3	AG 4
Männer	47	31	23	21
Frauen	56	29	26	27

Für die Regressionen mit unterstrichenem "r" sind die Geraden in Abb. 6 dargestellt.

Abb. 6 Regressionseraden der einfachen linearen Regressionen
 "Bewegungsvariable auf Istgewicht" und
 "Bewegungsvariable auf %-Gewichtsabweichung".



Die Indices am rechten Ende der Geraden geben die Altersgruppe (1-4) und das Geschlecht (M=männlich, W=weiblich) an.

E = Extension, F = Flexion

Zugehörige Regressionskoeffizienten (unterstrichen) und Fallzahlen in Tab. 6.

beiden Regressionen mit "X= Istgewicht" und "X= prozentuale Gewichtsabweichung vom Sollgewicht" erreicht. Da die verschiedenartige Abhängigkeit der Beweglichkeit vom Gewicht am deutlichsten zwischen der Hals- und der Lendenwirbelsäule ausgeprägt ist, sind nur die Regressionsgeraden dieser Regionen graphisch dargestellt; auch hier sind einheitlich nur die Ergebnisse aus der 2. Messung berücksichtigt.

c) Unabhängige Variable : prozentuale Gewichtsabweichung

Durch Einführung dieser Variablen (bezogen auf das Durchschnittsgewicht aus GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen, 1960) sollte der Grad von Über- oder Untergewicht jeder Versuchsperson objektiviert werden. Tab. 6 gibt die Ergebnisse dieser Regressionen wieder; die entsprechenden Regressionsgeraden sind, gemeinsam mit den vorherigen, in Abb. 6 dargestellt. Der Geltungsbereich der Abszisse entspricht der Variationsbreite der unabhängigen Variablen in jeder Altersgruppe.

Bei kritischer Betrachtung der Abb. 6 zeigt sich kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Einfluß des Istgewichts und dem Einfluß der prozentualen Gewichtsabweichung auf die Wirbelsäulenbeweglichkeit. Die Ergebnisse aus beiden Regressionen können daher summarisch aufgeführt werden:

1. In der Halsregion bestehen für Flexion und Extension, in der Brustregion für die Lateralflexion und in der Lendenregion für die Flexion statistisch auffällige oder signifikante Abhängigkeiten zwischen Bewegungsmaß und Gewicht.
2. Die Richtung dieser Abhängigkeit ist für die Flexion der Lendenwirbelsäule (und Lateralflexion der Brustwirbelsäule für AG 1, Männer) positiv; für alle anderen Bewegungsgrößen des Achsenorgans ist sie negativ.
3. Eine allgemein gültige Aussage über den Einfluß des Körpergewichts auf die Wirbelsäulenbeweglichkeit kann aus den vorliegenden Ergebnissen nicht gegeben werden.

IV. DISKUSSION

1. Vergleich der eigenen Ergebnisse mit bisher vorliegenden Angaben.

Seit den Bewegungsmessungen der menschlichen Wirbelsäule von WEBER (1827) sind zahlreiche Versuche unternommen worden, eine exakte und reproduzierbare Beschreibung der Mobilität des Achsenorgans anzugeben. Diese Arbeiten, mit unterschiedlicher Methode und an verschiedenem Material durchgeführt, mußten unweigerlich zu differenten Ergebnissen führen.

Ich wollte mit meiner Arbeit diese Differenzen aufzeigen und einer eigenen Versuchsplanung zugrunde legen. Wenn auch der Einfluß der von mir verwendeten Parameter "Alter", "Gewicht" und "Geschlecht" auf die Wirbelsäulenbeweglichkeit qualitativ schon früher aufgezeigt wurde, so fehlt es jedoch wegen der meist zu geringen Fallzahlen bisher an statistisch verwertbaren Analysen. Die funktionelle Normierbarkeit der "mechanischen Einheit" der Wirbelsäule scheint somit ähnlich komplexen Problemen unterworfen zu sein wie die morphologische Definition der ihr zugrunde liegenden "gelenkigen Einheit".

Eine Diskussion der bisher vorliegenden Werte für das Ausmaß der Wirbelsäulenbeweglichkeit ist immer nur innerhalb analoger Meßverfahren sinnvoll. Es sollen daher nur die Autoren berücksichtigt werden, deren Ergebnisse durch Messung der aktiven Beweglichkeit gewonnen wurden. Motilitätsbestimmungen an Leichen oder Wirbelsäulenpräparaten sollen nur qualitativ Berücksichtigung finden.

Die Halswirbelsäule stellt, nach Ansicht der erwähnten Autoren, den in allen drei Ebenen beweglichsten Abschnitt des gesamten Achsen skeletts dar. Das günstige Verhältnis von Höhe der Zwischenwirbelscheibe zu Wirbelkörperhöhe (FICK, 1911) kann hierbei als das morphologische Substrat angesehen werden.

Für die Flexion im Cervicalbereich finden sich folgende Werte: WEBER¹(1827) 76,5°, STOFFT (1973) 60°-50°; für die Extension: WEBER 76,3°, STOFFT 50°-40°. FERLIC (1962) gibt eine Gesamtsagittalebeweglichkeit von 127°, BAKKE (1931) eine von 80,5° an, wobei dieser aus meßtechnischen Gründen nur den Bereich C2 - Th1 berücksichtigte. Addiert man zu den Werten von BAKKE die ebenfalls röntgenologisch von KNESE (1949) oder von LEWIT et al. (1963) ermittelten Größen für die oberen Kopfelenke von 30° bzw. 31,4°, so erhält man hinreichend genaue Übereinstimmung mit den Werten der anderen Autoren.

Für die Lateralflexion geben BAKKE 25,9°, FERLIC 36° und STOFFT 40° an.

1) zit. nach ELWARD (1939)

Die von mir gemessenen Werte für Flexion 60° - 45° (AG1 - AG4)¹, für Extension 80° - 55° (AG1-4) und für Lateralflexion 50° - 32° (AG1-4) liegen durchaus im Rahmen der bisher angegebenen. Die hierbei ermittelte signifikant altersabhängige Abnahme der Beweglichkeit könnte eine Erklärung für die große Schwankungsbreite der Ergebnisse anderer Autoren sein, da dort keine statistisch gesicherten Angaben über den Einfluß des Alters gemacht wurden.

Mit BAKKE stimme ich darin überein, daß die Extension in der Cervicalregion - unabhängig von Alter und Geschlecht - größer ist als die Flexion. Die an isolierten Wirbelsäulenpräparaten von FICK (1911) ermittelten Bewegungsausmaße liegen deutlich über den aktiven Beweglichkeitsgrößen, da hier die Hemmung durch Muskulatur und Weichteile entfällt.

Die Angaben über die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule differieren erheblich. Während MCKENDRICK² (1916) von einer nur "minimalen" Flexionsmöglichkeit in Frontal- und Sagittalebene spricht und KELLER (1924) eine geringe Sagittalbeweglichkeit nur im kaudalen Abschnitt findet, ermitteln LOEBL (1967) 60° - 80° für die totale Sagittalbeweglichkeit und STOFFT (1973) 15° - 20° für die Extension und 30° - 40° für die Flexion. Die röntgenologischen Daten von BAKKE (1931) entsprechen den neueren Untersuchungen von LOEBL und STOFFT.

WHITE (1969) kommt durch seine Analyse der "Bewegungsmuster" isolierter "Bewegungssegmente" (JUNGHANNS, 1957) von 27 Brustwirbelsäulen zur Ansicht, daß eine regionale Gliederung des thoracalen Wirbelsäulenabschnitts nach funktionellen Gesichtspunkten gerechtfertigt sei. Die Sagittalbeweglichkeit einzelner "Bewegungssegmente" sei am größten zwischen Th10 und Th12, danach folge der kraniale Abschnitt, während der mittlere Abschnitt relativ homogen erscheine. Für die Beweglichkeit in der Frontalebene lasse sich keine solche Charakteristik erkennen. PANJABI et al. (1971) hat - basierend auf dem Untersuchungsmaterial von BAKKE - diese These durch eine mathematische Analyse der dreidimensionalen Beweglichkeit einzelner "Bewegungssegmente" gestützt. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch ANDERSON et al. (1940) nach Bestimmung der regional spezifischen Elastizitätskoeffizienten einzelner Wirbelkörperpaare.

Die von WHITE und ANDERSON et al. angegebene funktionelle Gliederung der Brustwirbelsäule wird durch die von VELEANU et al. (1972) geforderte morphologische Differenzierung der Wirbelkörper dieser Region unterstützt. Er trennt ein "eigentlich thoracales Areal" mit vorwiegend statischer Funktion von dem beweglicheren "cervico-thoracalen" und "thoracolumbalen" Areal. Im Gegensatz zu WHITE kommt MÜLLER (1922) nach seinen zahlreichen Versuchen an frischen Leichen zu dem Ergebnis, daß auch für die Lateralflexion der Brustwirbelsäule ein nahezu unbewegliches Areal (Th6-Th10) bestehe.

1) AG 1-4 = Altersgruppe 1(18-27 J.) 2(28-37J.) 3(38-47J.) 4(48-57J.)
2) zit. nach KELLER (1924)

Meine eigenen Befunde, Flexion 25° - 12° (AG 1-4) und Extension 33° - 20° (AG 1-4) stimmen für das gesamte sagittale Bewegungsausmaß mit den Werten von BAKKE, LOEBL und STOFFT überein. Die Beweglichkeit in der Frontalebene, 30° - 20° (AG 1-4) nach beiden Seiten entspricht zahlenmäßig der Beweglichkeit für die Flexion.

Soweit die angegebenen Autoren differenzierte Angaben über Flexion und Extension machen, geben sie für erstere höhere Werte an. In meinem Untersuchungsgut überwiegen jedoch in allen gemessenen Gruppen die Extensionswerte. Dieser Widerspruch kann allein durch die Unterschiede in der angewandten Meßmethode erklärbar sein. Die Eigenkrümmung der Brustwirbelsäule ist entscheidend von der Körperhaltung beeinflusst. Bei der von mir gewählten "Bequemen Haltung" (FICK, 1911) tritt die Brustkyphose deutlicher zu Tage als bei der "Militärischen Haltung". Nach GAIZLER (1969) ändert sich der "Basiswinkel" für die Halswirbelsäule bei Änderung der Haltung von "nachlässig" über "bequem" zu "stramm" um 10° - 12° . Die von den verschiedenen Autoren gewählte Ausgangsposition der Wirbelsäulenhaltung hat somit Einfluß auf den Anteil von Flexion und Extension an der Gesamtbeweglichkeit. Die unterschiedliche Definition der Ru gehalten der Wirbelsäule macht einen Vergleich differenzierter Angaben über Flexion und Extension unzulässig.

Eine weitere Ursache für die teilweise widersprüchlichen Angaben mag in der Lokalisation des thoraco-lumbalen Übergangs gegeben sein. Die Projektion dieser Übergangszone auf die Körperoberfläche ist nicht exakt abgrenzbar und birgt erhebliche Fehlerquellen, da sie einem in sich sehr beweglichen Areal entspricht. (VELEANU et al., 1972, ANDERSON et al., 1940, WHITE, 1969)

Auch für den untersten, aktiv beweglichen Wirbelsäulenabschnitt weichen die Angaben in der Literatur erheblich voneinander ab. Die totale Sagittalbeweglichkeit der lumbalen Region wird angegeben mit: ALLBROOK (1957) 84° - 38° , BÖHM (1959) 60° , LINDAHL (1966) 89° , LOEBL (1967) 68° - 40° und TROUP (1968) 81° . STOFFT (1973) ermittelte für Flexion 20° - 40° und für Extension 30° - 40° . Röntgenologisch findet BAKKE (1931) $16,4^{\circ}$ für Flexion und $54,2^{\circ}$ für Extension. Ebenso wie bei BAKKE überwiegt auch bei den Messungen von ELWARD (1939), FICK (1911) und WEBER¹(1827) die Extension am Anteil der Sagittalbeweglichkeit. DITTMAR (1929) gibt ein umgekehrtes Verhältnis an.

Die Ergebnisse meiner Untersuchung, Flexion 60° - 50° (AG 1-4) und Extension 30° - 20° (AG 1-4) stimmen gut mit den Angaben von DITTMAR und STOFFT überein. Die divergierenden Aussagen der anderen Autoren sind, wie bei der Diskussion der thoracalen Meßwerte eingehend beschrieben, zu einem Teil auf die unterschiedliche Ausgangshaltung und die nicht einheitlich definierte Abgrenzung der Lumbalregion zurückzuführen.

Für die Lateralflexion ergibt sich eine gute Übereinstimmung meiner Werte, (25° - 20°) mit denen von BAKKE.

1) zit nach ELWARD (1939)

2. Diskussion der eigenen Methode

Eine kritische Überprüfung der von mir vorgenommenen Messung der maximalen aktiven Bewegungsgrößen der menschlichen Wirbelsäule muß die dabei auftretenden Fehlerquellen möglichst genau analysieren. Dafür kommen in Frage :

- a) die Versuchsperson
- b) das Meßinstrument und
- c) die Meßmethode.

Zu a)

Die durch die Versuchsperson verursachte Fehlerbreite ist bedingt durch die Haltung, mangelnde Kooperationsbereitschaft, mögliche Ermüdungserscheinungen und den Trainingseffekt. Die Probanden wurden von mir aufgefordert, vor der Messung eine "Bequeme Haltung" (FICK) einzunehmen. Diese kann zwar nicht den Anspruch auf allgemein gültige Normierbarkeit erheben, ist aber von der Versuchsperson am besten reproduzierbar und beeinflusst den natürlichen Bewegungsablauf am wenigsten. DREXLER (1962) beschreibt zwei Haltungstypen in Abhängigkeit vom Alter, den vorwiegend gestreckten jugendlichen und den im Senium vorherrschenden lordotischen Typ.

Die durch solche unterschiedliche Ruhehaltungen verursachten Fehler beeinflussen jedoch nur den Anteil von Flexion und Extension, nicht aber die gesamte Sagittalbeweglichkeit. Hierauf hat schon HACKETHAL (1962) hingewiesen und mit seinem "Elkameter" ein Verfahren zur Normierbarkeit der Ausgangsposition der Wirbelsäule angegeben. Die von CRAMER (1955) und LEGER (1959) angegebene individualspezifische Form der Wirbelsäule kann damit jedoch nicht erfasst werden.

Alle von mir untersuchten Personen stellten sich freiwillig für die Bewegungsmessungen zur Verfügung. Damit konnte von einer ausreichenden Kooperationsbereitschaft für meine Versuche ausgegangen werden. Die Anweisungen für die auszuführenden Bewegungen wurden klar und verständlich bei jedem Meßvorgang wiederholt. Durch Untersuchung von größeren Gruppen mit vorheriger Demonstration des Bewegungsablaufs wurden sprachliche oder begriffliche Mißverständnisse weitgehend reduziert.

Die störenden Einflüsse durch Ermüdung oder Einübung der verlangten Bewegungen sollten durch die Durchführung zweier getrennte Meßdurchgänge in genau festgelegtem zeitlichen Abstand (5 min.) abgeschätzt werden. Daher gingen jeweils beide Werte gesondert in die statistische Auswertung ein und wurden nicht in einen Mittelwert überführt. Den Rohwerten aus Tab. 7 ist zu entnehmen, daß die Werte für erste und zweite Messung meist in einem Bereich von 0° - 4° abweichen. Eine Differenz von 5° wird nur einmal bei der Flexion der Cervicalregion in der Altersgruppe 1, Männer, erreicht. Dabei liegen die zweiten Werte häufiger über den ersten, was eher für einen günstigen Trainings- als für einen Ermüdungseinfluß spricht. Die Standardabweichung von erster und zweiter Meßvariabler stimmen in etwa überein.

Dies darf jedoch nur als Tendenz gewertet werden, da auf eine statistische Analyse der Meßwertunterschiede verzichtet wurde.

Zu b)

Der durch das "Hvdrogoniometer" von Rippstein hervorgerufene Meßfehler liegt im Bereich der Ablesegenauigkeit von ca. 2° . Er kann daher gegenüber den anderen Fehlerquellen vernachlässigt werden. Genaue Beschreibung findet sich bei WAGENHÄUSER (1968).

Zu c)

Sämtliche (über 8000) Einzelmessungen wurden von mir selbst durchgeführt. Die Kriterien für die Bestimmung der Meßpunkte blieben also konstant. Die Wahl der vier, oben schon genau definierten, Punkte war nicht willkürlich, sondern erfolgte ausschließlich nach morphologischen und funktionellen Gesichtspunkten. Die Punkte 1, 2 und 4 (Abb. 2) sind anatomisch gut lokalisierbar, da sie markanten Punkten der Körperoberfläche entsprechen. Punkt 1 und 4 befinden sich über nicht beweglichen Arealen und erfordern daher keine präzise Lokalisation des Meßgerätes. Punkt 3 ist der fehleranfälligste (LWK 1), da er am wenigsten genau lokalisierbar ist und nach VELEANU et al. (1972) ANDERSON et al. (1940) und WHITE (1969) über einem in sich sehr beweglichen Areal liegt.

Nach meinen Untersuchungen überwiegt im Brustbereich die Extension, im Lendenbereich die Flexion. Der thoracolumbale Übergang ist entscheidend an diesen Bewegungen beteiligt, und bei nur geringfügiger Verlagerung des über diesem Bereich liegenden Meßpunktes könnten sich daraus Änderungen des thoracolumbalen Bewegungsmusters ergeben. Diese Tatsache mag zum Teil die widersprüchlichen Aussagen über die bevorzugte Bewegungsrichtung der Brust- und Lendenwirbelsäule in der Sagittalebene klären.

Eine Analyse der Methodenüberprüfung, gewonnen durch 20 Messungen an einer Versuchsperson bei gleichem Untersucher und Meßgerät (Tab. 2) soll die, durch die Versuchsanordnung gegebenen, Fehlerbreiten bestimmen. Dabei fällt auf, daß der mittlere Fehler(s) der Bewegungsgrößen an den Meßpunkten P1 (Kopf) und P4 (Os sacrum) nicht wesentlich unter dem der beiden übrigen Meßpunkte liegt. Da aber der Meßfehler durch ungenaues Aufsetzen des "Hvdrogoniometers" an diesen Punkten gering ist legt dies den Schluß nahe, daß die Streuung der Meßwerte weitgehend durch die Versuchsperson bedingt ist. Diese Annahme wird durch die Tatsache unterstützt, daß die Fehlerbreite von Meßwerten, die unmittelbar hintereinander und damit ohne Lageveränderung des Meßgerätes gewonnen wurden (z. B. Flexion-Extension über Th 1), im Bereich der Fehlerbreite der anderen Messungen liegen.

3. Diskussion der erhobenen Befunde

Diese Arbeit sollte die - in der Problemstellung begründete - Einbeziehung der körperspezifischen Parameter Alter, Gewicht und Geschlecht

statistisch verwerten, um damit objektivierbare und reproduzierbare Meßwerte über das maximale aktive Bewegungsausmaß der menschlichen Wirbelsäule anzugeben.

Der Unterschied der Beweglichkeit zwischen den Geschlechtern wurde durch den Vergleich korrespondierender Altersgruppen mit Hilfe der Varianzanalyse untersucht. Hierbei zeigen sich (Tab. 3) nur wenige statistisch auffällige oder signifikante Unterschiede. In der ersten Altersgruppe existiert für beide Versuchsdurchgänge ein auffälliger ($p=5\%$) Unterschied in der Extension der Halswirbelsäule mit höheren Werten bei den weiblichen Probanden. In den übrigen Altersgruppen ist dieser Unterschied nicht mehr nachzuweisen. Die Flexion der Halswirbelsäule scheint bei den Männern geringfügig größer zu sein. Waren die Unterschiede in der ersten Altersgruppe durch die höheren Werte der Frauen bestimmt, so sind die wenigen verwertbaren Unterschiede in den übrigen Altersgruppen durch die größere Beweglichkeit der Männer bedingt.

Die Flexion der Lendenwirbelsäule ist bei allen Männern außer der ersten Altersgruppe auffällig ($p\leq 5\%$) höher als bei Frauen und verdient gesondert hervorgehoben zu werden.

MOLL u. WRIGHT (1971) kommen durch Untersuchung der Lendenwirbelsäulenbeweglichkeit mit einem modifizierten Verfahren der von SCHÖBER (1937) eingeführten Meßmethode, der Distanzänderung zweier markierte Punkte, zu einem ähnlichen Ergebnis. Ihre Behauptung, dies gelte auch für die Extension, kann ich nicht stützen, da in der ersten Altersgruppe sogar die weibliche Beweglichkeit höher ist. Die von MOLL u. WRIGHT angegebene größere Lateralbeweglichkeit bei Frauen ist in meinem Untersuchungsgut nur für die erste Altersgruppe bei der Rechtsbeugung auffällig ($p\leq 5\%$).

Generelle Aussagen über geschlechtsbedingte Unterschiede lassen sich aus diesen Befunden nicht ableiten. Die teilweise bessere Beweglichkeit der weiblichen Altersgruppe 1 könnte durch das um 2 Jahre niedrigere Durchschnittsalter (Tab. 7) gegenüber der männlichen Gruppe bedingt sein und somit von einem anderen Parameter abhängen. Die bessere Beweglichkeit der Männer in den Altersgruppen 2 und 3 ist möglicherweise auf das weitaus geringere prozentuale Übergewicht der Männer dieser Altersstufen (Tab. 7) zurück zu führen.

Ein Einfluß des Alters auf die Wirbelsäulenbeweglichkeit ist zwar in der vorliegenden Literatur oft vermutet worden, jedoch wurde bisher - außer in der Arbeit von STOFFT (1973) - die Größe und regionale Unterschiedlichkeit dieses Einflusses nicht bestimmt. Ich versuchte, diese Abhängigkeit mit den statistischen Verfahren der Varianzanalyse und der einfachen linearen Regression zu quantifizieren. In der Varianzanalyse wurden sowohl die vier männlichen als auch die vier weiblichen Altersgruppen auf signifikante Unterschiede der je 24 Meßvariablen überprüft. 47 Variable wiesen einen signifikanten ($p\leq 1\%$), nur eine einen auffälligen ($p\leq 5\%$) Unterschied auf. Damit ist

zunächst nur die Existenz - nicht Größe und Richtung - einer Differenz in der Beweglichkeit der vier Altersgruppen gesichert.

Der SCHEFFE-Test prüft die Unterschiede sämtlicher möglicher Paarungen jeder Meßvariablen innerhalb der vier männlichen und vier weiblichen Altersgruppen (Tab. 4). Er bietet damit eine rechnerische Bestätigung dessen, was im Histogramm der transformierten Werte (Abb. 4) anschaulich wird:

Der Unterschied zwischen den einzelnen Altersgruppen wird umso deutlicher, je größer der Abstand zwischen diesen Altersgruppen ist. Für die Paarung Gruppe 1 - Gruppe 4 sind 22 von 24 möglichen Variablen bei den Männern und sämtliche 24 Variablen bei den Frauen signifikant oder auffällig verschieden ($p \leq 1\%$ bzw. $p \leq 5\%$), während für die Paarung Gruppe 3 - Gruppe 4 keine einzelne Variable einen gesicherten Unterschied aufweist. Dies ist zum einen dadurch zu erklären, daß die Fallzahlen in diesen Gruppen kleiner sind und damit die vorhandenen Unterschiede das geforderte Signifikanzniveau nicht erreichen und zum anderen damit, daß die Beweglichkeit nicht in allen Regionen kontinuierlich mit dem Alter abnimmt. Dies wird deutlich bei der Extension und Lateralflexion im Lumbalbereich (Abb. 4) bei denen sich die Beweglichkeit von der ersten zur zweiten Altersgruppe markant verringert und danach für die drei Dekaden von 28-57 Jahren nahezu konstant bleibt. In Analogie dazu ergibt sich aus dem SCHEFFE-Test (Tab. 4) zwischen den Gruppen 2, 3 und 4 kein signifikanter Unterschied der Meßvariablen.

Für die Cervical- und Thoracalregion läßt sich schon aufgrund der Histogramme (Abb. 4) ein linearer Zusammenhang von Alter und Beweglichkeit vermuten. Durch "einfache lineare Regression" wurde versucht, diese Beziehung mathematisch zu erfassen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Korrelationskoeffizienten "r" (Tab. 5), die für 46 Meßvariable unter 0,1% liegt (für die restlichen 2 unter 1%), rechtfertigen diese Vermutung.

Diese Tatsache soll in Abb. 5 veranschaulicht werden, in der die, durch die Regressionskoeffizienten a und b bestimmten, Regressionsgeraden für die 2. Messung dargestellt sind. Hierbei fällt ein für alle Regionen etwa gleich großer Abfall der Geraden mit zunehmendem Alter auf. Der steilere Abfall für die Rückwärtsbeugung in der Halsregion bei Frauen ist, wie ein Vergleich mit dem entsprechenden Histogramm (Abb. 4) zeigt, wohl allein durch die relativ große Beweglichkeit der 1. Altersgruppe bedingt.

Bei Berücksichtigung dieser und der für die Lendenregion angegebenen Einschränkung darf man annehmen, daß die Beweglichkeit der menschlichen Wirbelsäule in den gemessenen Regionen um durchschnittlich 3° - 4° pro Dekade abnimmt.

Diese Angaben gelten natürlich nur für die von mir gemessene Altersspanne von 18-57 Jahren. Eine Geschlechtsspezifität der altersbedingten Beweglichkeitseinschränkung scheint nicht zu bestehen.

Der vermutete Einfluß des Körpergewichts auf die Beweglichkeit der Wirbelsäule wurde mit Hilfe der "einfachen linearen Regression" bestimmt. Dabei wurden als unabhängige Variable sowohl das tatsächliche Gewicht des Probanden, als auch die prozentuale Gewichtsabweichung - bezogen auf ein empirisch aus Alter, Größe und Geschlecht berechnetes Sollgewicht - gewählt. Tab. 8 gibt die Regressionskoeffizienten derjenigen Variablen wieder, für die ein statistisch gesicherter Korrelationskoeffizient ($p \leq 5\%$ bzw. $p \leq 1\%$) ermittelt wurde.

Ein verwertbarer Zusammenhang zwischen Beweglichkeit und Gewicht besteht nur für :

- a) die Sagittalflexion der Halsregion,
- b) die **Lateralflexion** der Brustregion und
- c) die Beugung und Lateralflexion der Lendenregion.

Diese Aussage gilt jedoch nicht gleichermaßen für alle Altersgruppen und soll daher einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

Bei der Untersuchung der Altersabhängigkeit der Bewegungen konnte durch vorherige Versuchsplanung und Einteilung des Untersuchungsgutes in zahlenmäßig ausreichend große Altersgruppen eine gleichmäßige Verteilung der unabhängigen Variablen "Alter" innerhalb der Variationsbreite (40 Jahre) erreicht werden. Eine Klassifizierung der Variablen "Istgewicht" und "prozentuale Gewichtsabweichung" durch vorher festgelegte Selektion war versuchstechnisch jedoch nicht durchzuführen. Damit konnte eine wichtige Voraussetzung für die Bestimmung der Abhängigkeit zweier Variablen - deren ausreichend große Streuung - nicht voll erfüllt werden. So finden sich zum Beispiel für die erste Altersgruppe, obwohl zahlenmäßig die stärkste, nur wenige nachweisbare Zusammenhänge, da die Streuung des Istgewichts lediglich 8,2 kg bei den Männern und 5.6 kg bei den Frauen beträgt (Tab. 7). In den Altersgruppen 2, 3 und 4 ist die Streuung für Istgewicht und Gewichtsabweichung zwar größer, die Fallzahlen jedoch geringer. Trotz dieser Einschränkungen sollen die auffälligsten Ergebnisse diskutiert werden.

In der Hals- und Brustwirbelsäule hat ein ansteigendes absolutes oder relatives Körpergewicht einen verringernden Einfluß auf die Beweglichkeit. (Ausnahme hiervon ist das Variablenpaar für die Lateralebeweglichkeit der thorakalen Region der Altersgruppe 1, Männer.) Die Extension der Halswirbelsäule zeigt die deutlichste Gewichtsabhängigkeit in den Altersgruppen 2, 3 und 4 weiblich und in Altersgruppe 2 männlich. Dies könnte auf eine Vermehrung des nuchalen Fettgewebes bei der Adipositas zurückzuführen sein, das damit für die Weichteilhemmung der Halsbeweglichkeit an Bedeutung gewinnt.

Für die Flexion der Lendenwirbelsäule liegt ein von den übrigen Regionen abweichendes Ergebnis vor. Hier gilt für die erste weibliche und die erste und dritte männliche Altersgruppe : Je größer das absolute oder relative Gewicht, desdo größer die Beweglichkeit.

Diese Feststellung darf jedoch nicht ohne weiteres auf die Gesamtpopulation übertragen werden, da sie nur für drei von insgesamt acht Altersgruppen (männlich und weiblich) zutrifft. Eine Deutung dieser Ergebnisse ist möglich durch den oben diskutierten Einfluß der "Ruhehaltung" auf den Anteil von Flexion und Extension an der gesamten Sagittalbeweglichkeit. Es ist denkbar, daß der Körperschwerpunkt durch die Adipositas nach vorn verlagert wird, was eine reflektorische Verstärkung der Lendenlordose - wie dies bei Schwangeren der Fall ist - zur Folge hätte.

Bei dieser, gegenüber der "bequemen Haltung" veränderten Ausgangsposition bedeutet also eine größere Flexion nicht unbedingt eine größere Gesamtbeweglichkeit.

Eine allgemein gültige Beziehung zwischen Körpergewicht und Wirbelsäulenbeweglichkeit kann, trotz einzelner signifikanter Regressionen, aus meinen Untersuchungen nicht gefolgert werden. Unterschiede durch die Beeinflussung durch das Istgewicht oder durch die prozentuale Gewichtsabweichung scheinen nicht zu bestehen.

Dies deckt sich mit den Befunden von LAUBACH (1969), der mit Hilfe multipler Regressionsgleichungen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen morphologischen Meßdaten und Gelenkbeweglichkeit bei 45 männlichen Probanden fand.

Die mechanische Funktion der Wirbelsäule ist, neben der ihr eigenen Form, ebenso bestimmt durch den umgebenden Weichteilmantel wie durch den Ruhetonus der autochthonen Rückenmuskulatur. Dieser Tonus unterliegt dem steuernden Einfluß des vegetativen Nervensystems und beeinflusst damit die "Ruhehaltung" der Wirbelsäule (ASMUSSEN et al., 1962).

LÖHR (1890) begründet die große Schwankungsbreite seiner Befunde bei aktiven Bewegungsmessungen menschlicher Wirbelsäulen damit, daß bei Lebenden neben physikalischen auch physiologische und psychologische Momente das maximale Bewegungsausmaß limitieren. Nach seiner Auffassung hat die unterschiedliche individuelle Schmerzempfindung bei Dehnung der antagonistischen Muskulatur einen größeren Einfluß auf die Bewegungshemmung als die morphologische Eigenheit des Achsenorgans. Auch VIRCHOW (1909, 1911) vertritt diese Ansicht, wenn er die übergroße Beweglichkeit von "Schlangenmenschen" auf eine Adaptation der Antagonisten zurückführt.

Nach STOFFT (pers. Mitteilung, 1974) wird die Bahnung des spinalen Reflexbogens, die den Ruhetonus des Erector trunci reguliert, durch die Impulsfrequenz der Rezeptoren im Bereich des perivertebralen Bindegewebes und des Endostes der Wirbelkörper gesteuert. Diese Impulsfrequenz steht somit in Beziehung zur einwirkenden Kraft, zum osmotischen Verhalten des umgebenden Gewebes und zum chemischen Situationsmilieu. Dadurch führt jeder lokale, für den Probanden nicht objektivierbare Entzündungsprozess, sowie leichte Verkantungen der Intervertebralgelenke, unweigerlich zu einer Verhärtung der die kleinen Wirbelgelenke verspannenden Muskulatur und letztlich zu einer nicht faßbaren Bewegungsspernung durch den Probanden.

Daraus wird deutlich, daß die von mir erhobenen Befunde nur als ein Beitrag zur Beschreibung der mechanischen Funktion der menschlichen Wirbelsäule und deren Beeinflussung durch die Parameter Alter, Gewicht und Geschlecht verstanden werden dürfen.

Die Forderung, funktionelle Normwerte für die Beweglichkeit des Achsenorgans aufzustellen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Bestimmung der aktiven Beweglichkeit der menschlichen Wirbelsäule in Frontal- und Sagittalebene mit dem von WAGENHÄUSER (1968) beschriebenen Hydrogoniometer war Ziel dieser Arbeit. Untersucht wurden 138 weibliche und 122 männliche Probanden im Alter von 18-57 Jahren, die in je vier Altersgruppen unterteilt wurden. (AG 1 - 4).¹⁾

Die statistische Auswertung für den geschlechts- und altersbedingten Unterschied der Beweglichkeit erfolgte mit Hilfe der "einfachen Varianzanalyse". Der paarweise Vergleich der Altersgruppen wurde im Test von SCHEFFE geprüft. Die Analyse des Einflusses von "Alter", Istgewicht", "prozentuale Gewichtsabweichung" auf die abhängigen Bewegungsvariablen erfolgte durch "einfache lineare Regression".

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Halswirbelsäule ist mit 60° - 45° für die Flexion, 80° - 55° für die Extension und 50° - 30° für die Lateralflexion (AG 1-4) der beweglichste Abschnitt des menschlichen Achsenorgans. Außer für die Extension der AG 1 besteht in dieser Region kein gesicherter Unterschied zwischen männlicher und weiblicher Beweglichkeit.
2. Die Brustregion weist, unabhängig von Alter und Geschlecht, die geringste Beweglichkeit in der Sagittalebene auf (Flexion 25° - 12° , Extension 33° - 20° , AG 1-4). Die Lateralbeweglichkeit nach jeder Seite entspricht etwa der Extension. In der AG 2 ist die Flexion der Männer (21°) signifikant höher als die der Frauen (15°).
3. Die bevorzugte Bewegungsrichtung der Lendenwirbelsäule ist die Flexion (60° - 50° , AG 1-4). Für die Extension und Lateralflexion liegen die Meßgrößen bei 30° - 20° (AG 1-4). Deutliche Unterschiede finden sich für die Flexion zwischen den männlichen (64° - 54° , AG 1-4) und weiblichen (60° - 45°) Gruppen.
4. Die Altersabhängigkeit der Wirbelsäulenbeweglichkeit ist in beiden gemessenen Ebenen unabhängig vom Geschlecht am stärksten in der Hals- und Brustregion ausgeprägt. Hier nimmt die Beweglichkeit pro Altersgruppe (10 Jahre) um durchschnittlich 3° - 4° ab. Bei der Lateralflexion und Extension der Lendenwirbelsäule ist diese Abnahme nur zwischen AG 1 und AG 2 deutlich (30° - 20°) und bleibt danach für die Altersgruppen von 28-57 Jahren nahezu konstant.
5. Ein allgemein gültiger Einfluß des Körpergewichts auf die Beweglichkeit konnte nicht nachgewiesen werden. In Hals- und Brustregion zeigt sich für einzelne Meßvariable eine reziproke Proportionalität zum Körpergewicht. Bei der Flexion der Lendenwirbelsäule dagegen bedeutet ein höheres Körpergewicht des Probanden größere Beweglichkeit.

1) AG1=18-27 Jahre, AG2=28-37 J., AG3=38-47 J., AG4=48-57 J.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- ALLBROOK, D. Movements of the lumbar spinal column.
In: J. Bone Jt. Surg. 39-B (1957), 339-345
- ANDERSON, N. u.
T. EKSTRÖM Über die Beweglichkeit der Wirbelsäule.
In: Gegenbaurs morph. Jb. 85 (1940) 135-185
- ASMUSSEN, E. u.
K. KLAUSEN Form and function of the erect human spine.
In: Clin. Orthop. 25 (1962), 55-63
- BAKKE, S. N. Röntgenologische Beobachtungen über die
Bewegungen der Wirbelsäule. In: Acta radiol.
Suppl. XIII, Stockholm 1931
- BHALLA, S. u.
E. SIMMONDS Normal ranges of intervertebral-joint motion
of the cervical spine. In: Canad. J. Surg. 12
(1969), 181-187
- BÖHM, K. Beschreibung eines Gerätes zur Messung
der Lendenwirbelsäulenbeweglichkeit. In:
Z. Orthop. 92 (1959), 125-127
- BUETTI - BÄUML, C. Funktionelle Röntgendiagnostik der Halswir-
belsäule. 1. Auflage, Stuttgart 1954
- CRAMER, A. Statik, Dynamik und Chiropraktik,
Hippokrates (Stuttg.) 26 (1955), 21-24
- DITTMAR, O. Die sagittal- und lateralflexorische Bewegung
der menschlichen Wirbelsäule im Röntgen-
bild. In: Zeitschr. f. d. ges. Anat. 92 (1929)
644-667
- DREXLER, L. Röntgenanatomische Untersuchungen über
Form und Krümmung der Halswirbelsäule in
den verschiedenen Lebensaltern.
Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 23
(1962)
- ELWARD, J. F. Motion in the vertebral column.
In: Amer. J. Roentgenol. 42 (1939), 91-99
- FERLIC, D. The range of motion of the "normal" cervical
spine. In: Bull. Hopkins Hosp. 110 (1962)
59-65
- FICK, R. Handbuch der Anatomie und Mechanik der
Gelenke III. 1. Auflage, Jena 1911

- GAIZLER, G. Neue Aspekte zu radiologischen Untersuchungen zur Haltung und Bewegung der Wirbelsäule. In: Fortschr. Röntgenstr. 111 (1969), 280-285
- GEIGY Documenta Geigy. Wissenschaftliche Tabellen. 6. Auflage, Basel 1960
- HACKETHAL, K. H. Ein Verfahren zur genauen Bestimmung der Wirbelsäulenbeweglichkeit. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 25(1961) 193-201
- HASELOFF - HOFFMANN, H. Kleines Lehrbuch der Statistik, 4. Auflage, Berlin 1970
- KELLER, H. A clinical study of the mobility of the human spine. In: Arch. Surg. 8 (1924) 627-657
- KNESE, K. H. Kopfgelenk, Kopfhaltung und Kopfbewegungen des Menschen. In: Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 114 (1949), 67-107
- LAUBACH, L. L. Body composition in relation to muscle strength and range of joint motion. In: J.Sport. Med. 9 (1969), 89-97
- LEGER, W. Die Form der Wirbelsäule mit Untersuchungen über ihre Beziehung zum Becken und die Statik der aufrechten Haltung. In: Z.f. Orthop. 91 Beil. (1959)
- LEKSZAS, G. Ein neues Meßgerät zur Funktionsdiagnostik der Wirbelsäule. In: Zschr. ärztl. Fortbild. 64 (1970), 602-608
- LEWIT, K. u.
L. KRAUSOWA Messungen der Vor- und Rückbeuge in den Kopfgelenken. In: Fortschr. Röntgenstr. 99 (1963), 538-543
- LINDAHL, O. Determination of the sagittal mobility of the lumbar spine. A clinical method. In: Acta orthop. Scan. 37 (1966), 241-254
- LÖHR, C. Untersuchungen über die Bewegungen der Wirbelsäule nach vorn und hinten (nach einer Methode am Lebenden). In: Münch. med. Wschr. 37 (1890), 73
- LOEBL, W. Y. Measurement of the spinal posture and range of spinal movement. In: Ann. Phys. Med. 9 (1968), 103-110

- MACRAE, I.F. u.
V. WRIGHT Measurement of back movement.
In: Ann. Rheum. Dis. 28 (1969), 584-589
- MCKENDRIC, A. Back injuries and their significance under
the workman's compensation and other acts.
1. Auflage, New York 1916
- MOLL, M. u.
V. WRIGHT Normal range of spinal mobility. In:
Ann. Rheum. Dis. 30 (1971), 381-386
- MOLL, M.
S. LIYANAGE u.
V. WRIGHT An objective clinical method to measure
spinal extension. In:
Rheumatol. Phys. Med. 11 (1972), 293-312
- MÜLLER, F. Das Verhalten der Rumpfwand bei extremer
Rechtsbeugung des Rumpfes. In:
Anat. Anz. (Ergh.) 55 (1922), 270-275
- PANJABI, M. u.
A.A. WHITE A mathematical approach for three-dimensio-
nal analysis of the biomechanics of the spine.
In: J. Biomech 4 (1971), 203-211
- PAPASTAVROU, N. u.
H. ECKE Bewegungsmessungen an der Wirbelsäule.
In: Mschr. Unfallheilk. 74 (1971) 495-503
- RITTER, U. Vorschlag eines Meßwerte-Bogens. In:
Ärztl. Pr. 25 (1973), 2199-2200
- SACHS, L. Statistische Auswertungsmethoden.
3. Auflage, Berlin 1971
- SCHMORL, G. u.
H. JUNGHANNS Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in
Röntgenbild und Klinik.
4. erw. Auflage, Stuttgart 1957
- SCHOBER, P. Lendenwirbelsäule und Kreuzschmerzen.
In: Münch. med. Wschr. 84 (1937), 336
- SOLLMANN, A.H. Messungen der Wirbelsäulen-Dynamik. In:
Arch.f. Physik, Ther. 10 (1958), 421-429
- STOFFT, E. Die Wirbelsäulenregionen und ihre morpho-
logischen Besonderheiten. In:
Physik. Med. Rehab. 14 (1973), 97-102
- STOFFT, E. Das Ligamentum denticulatum.
Habilitationsschrift, Mainz 1973
- TROUP, J. Measurement of the sagittal mobility of the
lumbar spine and hips. In:
Ann. Phys. Med. 9 (1968) 308-321
- C. HOOD u.
A. CHAPMAN

- VELEANU, C.
U. GRÜN u. M.
DIACONESCU et al. Structural peculiarities of the thoracic spine. In: Acta Anat. 82 (1972), 97 - 107
- VIRCHOW, H. Die Eigenform der menschlichen Wirbelsäule. In: Verh. Anat. Ges. 25 (1909) 157-164
- VIRCHOW, H. Einzelbeiträge bei der sagittalen Biegung der menschlichen Wirbelsäule. In: Anat. Anz. (Ergh.) 39 (1911) 176-187
- WAGENHÄUSER, F. Bewegungsdiagnostik der Wirbelsäule in ihrer Gesamtheit und in ihren Regionen. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 40 (1968), 35-43
- WEBER, E. Anatomisch-phvsiologische Untersuchungen über einige Einrichtungen im Mechanismus der menschlichen Wirbelsäule. In: Arch.f. Anat.u. Physiol. (1827) 240-271
- WHITE, A.A. Analysis of the mechanics of the thoracic spine in man. In: Acta.orthop.Scand, Suppl. 127 (1969)

VII. ANHANG

Tab. 7 Einfache Datenbeschreibung -
Rohwerte

Tab. 8 Einfache Datenbeschreibung -
Transformierte Werte für Brust- und Lendenwirbelsäule

Tab. 7 Einfache Datenbeschreibung - Rohwerte
Altersgruppe 1 (18-27 Jahre)
 47 Männer, 56 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R				F R A U E N			
	1.Messung		2.Messung		1.Messung		2.Messung	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Alter (J)	22	2.5			20	2.1		
Größe (cm)	180	6.1			166	5.4		
Istgewicht (kg)	73	8.2			57	5.6		
Sollgewicht (kg)	74	4.6			58	4.3		
Gew.-Diff. (%)	-2	10.2			-3	7.3		
K O P F								
Flexion ¹⁾	57	11.6	62	11.7	56	9.3	60	8.8
Extension	76	10.2	78	10.5	30	9.0	82	9.2
lat.-rechts	45	7.8	46	8.7	46	7.4	48	6.8
lat.-links	46	7.3	48	7.8	48	6.7	50	3.9
B W K 1								
Flexion	138	14.4	138	14.3	149	17.0	147	15.9
Extension	73	13.4	71	16.6	79	19.8	78	20.0
lat.-rechts	62	8.8	61	8.2	63	9.2	62	9.2
lat.-links	63	10.6	62	10.6	65	8.8	64	10.2
L W K 1								
Flexion	110	14.4	114	13.8	126	12.3	126	12.5
Extension	40	12.0	41	12.8	45	11.8	47	12.2
lat.-rechts	33	8.1	32	6.8	36	5.9	37	7.4
lat.-links	34	9.1	35	7.2	36	7.4	37	7.4
S 1								
Flexion	49	13.6	50	12.9	66	14.0	67	14.4
Extension	12	4.4	13	5.0	14	6.0	14	5.2
lat.-rechts	9	2.7	8	2.3	10	2.6	10	2.6
lat.-links	8	3.1	8	2.5	9	2.7	9	2.8

1) Alle Bewegungsvariablen sind in Altgrad angegeben
 $\bar{x}$ = arithmetisches Mittel, s = Standardabweichung
 Gew. Diff. = prozentuale Gewichtsabweichung vom Sollgewicht

Tab. 7 Einfache Datenbeschreibung - Rohwerte
 (Forts.) Altersgruppe 2 (28-37 Jahre)
 31 Männer, 29 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R				F R A U E N			
	1.Messung		2.Messung		1.Messung		2.Messung	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Alter (J)	32	2.8			33	3.1		
Größe (cm)	176	6.8			161	5.4		
Istgewicht (kg)	76	10.3			65	14.1		
Sollgewicht (kg)	76	4.9			59	3.8		
Gew. Diff. (%)	1	11.6			11	23.7		
K O P F								
Flexion	52	7.9	55	7.6	52	7.8	54	9.0
Extension	66	12.3	66	10.0	65	3.9	66	9.5
lat.-rechts	41	.0	42	7.6	40	6.0	40	6.7
lat.-links	41	7.3	42	6.2	40	7.3	41	7.5
B W K 1								
Flexion	130	18.2	130	16.2	126	12.6	126	14.0
Extension	59	13.0	57	13.4	57	18.2	54	18.8
lat.-rechts	54	10.6	54	11.3	52	9.2	52	9.3
lat.-links	55	10.5	55	11.0	54	10.1	56	9.0
L W K 1								
Flexion	108	15.1	109	14.6	110	12.1	111	12.1
Extension	33	8.2	33	8.9	31	9.3	32	10.0
lat.-rechts	27	6.4	29	6.0	29	5.8	29	5.9
lat.-links	27	5.6	29	6.4	29	7.4	32	5.9
S 1								
Flexion	49	13.1	50	11.6	56	14.4	57	14.0
Extension	11	3.7	12	3.4	11	4.9	12	5.8
lat.-rechts	7	5.2	8	2.3	9	2.4	8	2.6
lat.-links	7	2.7	7	2.2	9	2.6	9	2.8

Tab. 7 Einfache Datenbeschreibung - Rohwerte
(Forts.) Altersgruppe 3 (38-47 Jahre)
23 Männer, 26 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R				F R A U E N			
	1.Messung		2.Messung		1.Messung		2.Messung	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Alter (J)	41	2.4			43	3.6		
Größe (cm)	172	5.0			162	6.4		
Istgewicht (kg)	76	9.5			70	12.1		
Sollgewicht (kg)	75	3.9			64	5.1		
Gew. Diff. (%)	0	11.6			10	18.6		
K O P F								
Flexion	50	7.7	52	8.0	47	7.9	48	7.5
Extension	62	8.2	63	6.4	58	9.5	59	9.0
lat.-rechts	37	6.0	38	7.0	34	5.6	34	5.7
lat.-links	36	7.5	36	7.0	35	5.3	35	5.9
B W K 1								
Flexion	120	13.5	122	13.8	123	13.6	121	14.2
Extension	51	11.9	50	12.4	47	15.5	46	14.5
lat.-rechts	46	9.2	47	9.1	48	8.2	46	8.2
lat.-links	48	9.8	49	9.0	47	8.5	46	9.1
L W K 1								
Flexion	103	16.0	105	15.1	106	17.4	106	16.2
Extension	27	7.3	28	6.2	26	6.3	27	7.4
lat.-rechts	25	5.4	25	4.8	25	6.2	26	5.0
lat.-links	26	6.5	27	5.4	27	5.7	27	4.7
S 1								
Flexion	48	10.9	48	10.0	56	15.2	58	15.9
Extension	9	2.6	9	3.0	10	3.6	10	3.6
lat.-rechts	7	2.8	7	1.9	8	2.8	8	2.4
lat.-links	7	3.0	7	2.2	8	2.6	8	2.0

Tab. 7 Einfache Datenbeschreibung - Rohwerte
(Forts.) Altersgruppe 4 (48-57 Jahre)
21 Männer, 27 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R				F R A U E N			
	1.Messung		2.Messung		1.Messung		2.Messung	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Alter (J)	52	3.0			53	3.1		
Größe (cm)	170	6.2			161	7.0		
Istgewicht (kg)	80	12.1			71	13.5		
Sollgewicht (kg)	75	4.9			65	4.9		
Gew. Diff. (%)	7	14.8			9	21.5		
K O P F								
Flexion	46	11.9	46	9.4	44	6.5	46	6.9
Extension	52	6.3	56	6.5	55	11.0	54	10.3
lat.-rechts	32	7.3	33	7.4	33	7.3	34	7.5
lat.-links	31	7.8	32	9.0	31	6.3	32	6.3
B W K 1								
Flexion	116	15.0	117	14.3	117	21.6	118	23.0
Extension	46	16.1	45	15.9	46	15.1	45	15.6
lat.-rechts	44	12.7	46	11.5	42	9.6	42	9.4
lat.-links	45	12.2	47	12.0	43	10.1	44	9.7
L W K 1								
Flexion	105	11.9	104	12.5	106	23.0	108	23.2
Extension	26	7.2	26	6.7	25	8.1	27	8.8
lat.-rechts	26	6.5	25	6.8	24	5.4	24	5.9
lat.-links	29	6.9	29	7.4	26	7.2	27	6.9
S 1								
Flexion	51	11.5	51	12.0	60	15.8	60	17.9
Extension	7	2.4	7	2.5	10	3.6	9	4.0
lat.-rechts	7	2.1	6	1.8	7	2.1	7	2.5
lat.-links	7	1.9	7	2.0	7	2.2	7	2.1

Tab. 8 Einfache Datenbeschreibung - Transformierte
Werte für Brust- und Lendenwirbelsäule

Altersgruppe 1 (18-27 Jahre), 47 Männer, 56 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R		F R A U E N	
	1.Messung	2.Messung	1.Messung	2.Messung
	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s
B W S				
Flexion ¹⁾	28 10.9	25 10.6	23 12.9	21 11.0
Extension	33 16.1	30 14.9	34 17.3	31 14.4
lat.-rechts	29 8.4	29 8.9	27 8.2	25 7.4
lat.-links	29 9.9	27 9.0	29 8.3	27 8.5
L W S				
Flexion	61 10.9	64 11.4	60 13.8	60 13.6
Extension	28 11.2	28 10.7	31 11.0	33 11.0
lat.-rechts	24 7.3	24 6.6	26 6.2	28 7.1
lat.-links	26 8.0	27 7.0	26 7.2	28 6.9

Altersgruppe 2 (28-37 Jahre), 31 Männer, 29 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R		F R A U E N	
	1.Messung	2.Messung	1.Messung	2.Messung
	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s
B W S				
Flexion	22 9.9	20 9.4	15 8.7	15 7.6
Extension	26 11.6	24 11.7	26 13.4	23 12.4
lat.-rechts	27 10.3	25 10.7	22 7.2	23 8.5
lat.-links	28 10.6	26 12.1	25 10.0	24 8.0
L W S				
Flexion	59 10.4	59 10.2	54 9.0	54 9.3
Extension	21 6.3	21 8.0	20 7.8	20 6.6
lat.-rechts	20 5.1	21 5.2	20 5.4	21 5.3
lat.-links	20 5.0	22 5.7	20 6.9	23 5.4

1) Alle Bewegungsvariablen sind in Altgrad angegeben
 $\bar{x}$ = arithmetische Mittel, s = Standardabweichung

Tab. 8 Einfache Datenbeschreibung - Transformierte
(Forts.) Werte für Brust- und Lendenwirbelsäule

Altersgruppe 3 (38-47 Jahre) 23 Männer, 26 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R				F R A U E N			
	1.Messung		2.Messung		1.Messung		2.Messung	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
B W S								
Flexion	17	11.6	17	10.4	17	10.2	16	8.3
Extension	24	8.9	22	8.4	22	13.6	19	10.3
lat.-rechts	21	8.4	22	7.7	23	6.4	20	6.8
lat.-links	21	9.6	22	8.4	20	6.6	19	8.3
L W S								
Flexion	55	10.4	57	11.3	50	9.3	47	9.5
Extension	18	7.9	19	7.0	15	6.6	17	6.0
lat.-rechts	18	5.7	10	5.0	18	6.0	18	5.6
lat.-links	19	6.7	20	2.6	19	5.1	19	3.8

Altersgruppe 4 (48-57 Jahre) 21 Männer, 27 Frauen

MESSVARIABLE	M Ä N N E R				F R A U E N			
	1.Messung		2.Messung		1.Messung		2.Messung	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
B W S								
Flexion	12	7.9	13	7.2	11	9.6	11	6.3
Extension	20	11.1	19	10.3	21	12.3	18	11.0
lat.-rechts	18	7.6	21	7.9	18	8.3	18	7.3
lat.-links	16	7.6	18	7.4	17	8.9	18	7.2
L W S								
Flexion	54	9.2	54	9.0	45	15.4	49	14.1
Extension	19	6.9	19	6.2	15	7.3	19	7.8
lat.-rechts	19	5.8	19	6.0	17	5.3	17	5.2
lat.-links	22	6.1	23	6.5	19	7.1	20	6.0

DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. med. STOFFT möchte ich herzlich für die Überlassung des Themas und für seine unermüdliche Unterstützung danken.

Für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes danke ich dem Direktor des Anatomischen Institutes der Johannes Gutenberg - Universität Mainz, Herrn Prof. Dr. med. MAYET.

Frau Dr. EHRENBERG - KIECKEBUSCH vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universitätsklinik Mainz unterstützte mich in dankenswerter Weise bei der Planung und Auswertung der Versuche.

Die graphischen Darstellungen zeichnete mir freundlicherweise Herr G. SCHLICH, Frl. FREUNDORFER war mir bei der Versuchsdurchführung behilflich.

Mein besonderer Dank gilt schließlich Allen, die sich bereitwillig für die Beweglichkeitsmessungen zur Verfügung gestellt haben, vorwiegend den Studenten des Präparierkurses am Anatomischen Institut der Mainzer Universität im Wintersemester 1973/74 sowie den zahlreichen Werkträgern der Fa. ENKAGLANZSTOFF AG, Obernburg.

LEBENS LAUF

Am 20. Mai 1948 wurde ich als Sohn des Hotelkaufmanns Hans-Ulrich Ribka und seiner Ehefrau Christa-Maria, geb. Kasten, in Wismar/ Mecklenburg geboren.

Die Grundschule besuchte ich in Münster/Westf. und in Darmstadt, wo ich 1958 in das Lichtenberg-Gymnasium aufgenommen wurde. Die Reifeprüfung legte ich im Oktober 1966 am mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig der Oranienschule zu Wiesbaden ab.

Im Wintersemester 1966/67 begann ich das Studium der Mathematik an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, wechselte jedoch nach einem Semester zum Medizinstudium über.

Das vorklinische Studium schloß ich 1969 mit der ärztlichen Vorprüfung erfolgreich ab. Während meines klinischen Studiums war ich für ein Semester an der Christian Albrechts-Universität, Kiel und für zwei Trimester an der St. Mary's Hospital Medical School in London immatrikuliert.

Am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München setzte ich 1971 das Studium fort und bestand dort im Juli 1973 das medizinische Examen und das ECFMG- Examen.

Die Medizinalassistentenzeit trat ich als wissenschaftlicher Assistent am Anatomischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität an. Die Pflichtzeit für Chirurgie leistete ich am Hospital zum Hl. Geist in Hagen und die für Innere Medizin am Klinikum rechts der Isar in München ab.

Im Januar 1975 erhielt ich die Approbation als Arzt, seit Mai 1975 bin ich als wissenschaftlicher Assistent an der Radiologischen Klinik der Ludwig Maximilians-Universität, München tätig.

